

**PENGARUH PENAMBAHAN NATRIUM HIPOKLORIT (NaOCl)  
UNTUK *BACKWASH MEMBRANE BIOREACTOR*  
TERHADAP KUALITAS AIR LIMBAH AMONIA**

**SKRIPSI**

**Oleh :  
KHURUN IN NUR KHOLIFAH  
NIM 145100600111016**

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik**



**JURUSAN KETEKNIKAN PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2018**

## LEMBAR PERSETUJUAN

Judul TA : Pengaruh Penambahan Natrium Hipoklorit ( $\text{NaOCl}$ ) untuk *Backwash Membrane Bioreactor* Terhadap Kualitas Limbah Cair Amonia

Nama Mahasiswa : Khurun In Nur Kholifah

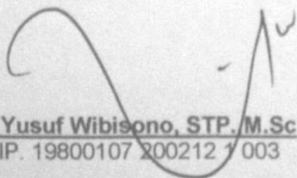
NIM : 145100600111016

Program Studi : Teknologi Bioproses

Jurusan : Keteknikan Pertanian

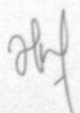
Fakultas : Teknologi Pertanian

Pembimbing Pertama,



Dr. Yusuf Wibisono, STP, M.Sc  
NIP. 19800107 200212 1 003

Pembimbing Kedua,



Shinta Rosalia Dewi, S.Si., M.Sc  
NIK. 201201 861218 2 001

Tanggal Persetujuan:

Tanggal Persetujuan:

## LEMBAR PENGESAHAN

Judul TA : Pengaruh Penambahan Natrium  
Hipoklorit (NaOCl) untuk *Backwash*  
*Membrane Bioreactor* Terhadap Kualitas  
Limbah Cair Amonia

Nama Mahasiswa : Khurun In Nur Kholifah

NIM : 145100600111016


Program Studi : Teknologi Bioproses

Jurusan : Keteknikan Pertanian

Fakultas : Teknologi Pertanian

Pembimbing Pertama,

Pembimbing Kedua,

  
Dr. Yusuf Wibisono, STP., M.Sc  
NIP. 19800107 200212 1 003

  
Shinta Rosalia Dewi, S.Si., M.Sc  
NIK. 201201 861218 2 001

  
Ketua Jurusan,  
La Cheviya Hawa, STP., MP., Ph.D  
NIP. 19780307 200012 2 001

Tanggal lulus TA :

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di kota Lumajang pada tanggal 24 Oktober 1996 dari Ayah yang bernama Abdul Ghofur dan ibu yang bernama Nurul Ainin. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di MI Nurul Islam Kunir Lor, Kecamatan Kunir, Kabupaten Lumajang pada Tahun Ajaran 2002/2008. Kemudian melanjutkan pada jenjang Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 Kunir Kabupaten Lumajang dan lulus pada tahun 2011. Pada saat duduk di bangku kelas 8 SMP, penulis pernah memperoleh penghargaan juara Favorit 1 Mengarang dan Bercerita Tingkat SMP Se-Kabupaten Lumajang. Selanjutnya, penulis melanjutkan ke jenjang Sekolah Menengah atas di SMAN 2 Lumajang dan lulus pada tahun 2014.

Pada tahun yang sama, penulis melanjutkan pendidikannya di Perguruan Tinggi Program Studi Teknologi Bioproses Jurusan Keteknikan Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya, Malang. Selama menempuh pendidikan di Universitas Brawijaya, penulis pernah menjabat sebagai Sekretaris Bidang PSDM HIMATETA pada tahun kepengurusan 2015/2016. Kemudian menjabat sebagai Koordinator Bidang PSDM pada tahun kepengurusan 2016/2017. Serta pernah mengikuti serangkaian kepanitiaan program kerja di HIMATETA. Adapun pengalaman yang paling mengesankan dan menjadi salah satu kebanggaan yaitu penulis pernah mengikuti PIMNAS ke-30 di UMI Makassar dengan karyanya yaitu ETROVICE.

Subhanallah wal hamdulillah....

Dengan mengucapkan puji syukur kepada Allahu robbi  
yang selalu memberi petunjuk dan kemudahan  
bagi jalan hidupku....  
memberi kebahagiaan, kasih sayang  
melalui mereka yang ada di sekelilingku  
semoga dengan ridho-Nya dan ridho orangtua  
Selalu menuntunku ke jalan  
kebaikan dan kesuksesan dari semua  
perjuanganku....  
terutama untuk perjuangan membahagiakan  
Ayah ibu....

Karya kecil ini aku persembahkan kepada  
Ayah, Ibu, adik dan seluruh keluarga  
Serta sahabat yang selalu mendoakan dan  
Memberi dukungan selama ini

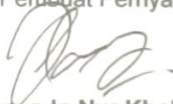
## PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Mahasiswa : Khurun In Nur Kholifah  
 NIM : 145100600111016  
 Jurusan : Keteknikan Pertanian  
 Judul Skripsi : Pengaruh Penambahan Natrium  
 Hipoklorit (NaOCl) untuk *backwash*  
*Membrane Bioreactor* Terhadap Kualitas  
 Limbah Cair Amonia

Menyatakan bahwa,  
 Skripsi dengan judul di atas merupakan karya asli penulis serta  
 Dr. Yusuf Wibisono, STP.,M.Sc dan Shinta Rosalia Dewi,  
 S.Si.,M.Sc selaku dosen pembimbing. Apabila dikemudian hari  
 terbukti pernyataan ini tidak benar, saya bersedia dituntut sesuai  
 hukum yang berlaku

Malang, 16 Maret 2018  
 Pembuat Pernyataan



**Khurun In Nur Kholifah**  
 NIM. 145100600111016

Khurun In Nur Kholifah. 145100600111016. Pengaruh Penambahan Natrium Hipoklorit (NaOCl) untuk *Backwash Membrane Bioreactor* Terhadap Kualitas Limbah Cair Amonia. Skripsi. Dosen Pembimbing I: Dr. Yusuf Wibisono, STP.,M.Sc. Dosen Pembimbing II: Shinta Rosalia Dewi, S.Si.,M.Sc

## RINGKASAN

Limbah cair merupakan pembuangan yang berupa cairan yang dihasilkan dari hasil samping aktifitas manusia, seperti industri, rumah tangga, rumah sakit, dan lain-lain. Apabila dalam jumlah yang besar, limbah cair ini dapat menyebabkan pencemaran lingkungan sekitar, seperti tercemarnya badan sungai. Bahkan juga dapat membahayakan kesehatan manusia. Hal tersebut dikarenakan limbah cair mengandung senyawa toksik, polutan organik dan anorganik yang tinggi, dan mikroorganisme yang patogen. Oleh karena itu, limbah cair ini harus mengalami proses pengolahan terlebih dahulu untuk mengurangi toksisitas dari limbah cair tersebut.

Pada penelitian ini, limbah sintesis amonia akan diolah dengan sistem *Membrane Bioreactor* (MBR). Sistem ini dibantu dengan adanya lumpur aktif (*activated sludge*) yang berfungsi untuk mendegradasi secara biologis limbah cair. Namun, permasalahan yang sering terjadi pada MBR ini disebabkan adanya *fouling* pada membran yang disebabkan oleh lumpur aktif. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan analisa terhadap pengaruh penambahan NaOCl untuk *backwash* membran yang dibandingkan dengan *backwash* air PDAM. Adapun parameter limbah cair yang akan dianalisis setelah diolah dengan sistem MBR ini, meliputi. *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Dissolve Oxygen* (DO), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Total Suspended Solids* (TSS), dan pH.

Berdasarkan hasil pengukuran terhadap parameter-parameter limbah cair tersebut, diperoleh bahwa koefisien rejeksi (%R) COD yang paling tinggi adalah pada menit ke- 60 untuk sampel dengan *backwash* penambahan NaOCl, yaitu sebesar 85,7%. Namun, untuk *backwash* dengan air PDAM, %R COD dari menit ke-20 hingga menit ke-80 cenderung tidak mengalami peningkatan yang signifikan. Akan tetapi, %R COD yang terbesar yaitu pada sampel menit ke-100 karena dipengaruhi oleh faktor laju difusi *feed*, yaitu sebesar 95,2%. Untuk

pengukuran BOD didapatkan konsentrasi BOD yang terendah yaitu pada perlakuan *backwash* dengan penambahan NaOCl pada menit ke-100, yaitu sebesar 0,69 mg/L. Kemudian untuk nilai TSS, limbah amonia kontrol memiliki TSS yang rendah dibandingkan air hasil olahan. Namun, secara visual terlihat paling keruh yang dikarenakan kepadatan terlarutnya yang tinggi. Sedangkan TSS sampel pada perlakuan *backwash* membran dengan penambahan NaOCl lebih rendah dibandingkan dengan *backwash* air PDAM, yaitu 156 mg/L. Sedangkan, nilai pH pada penelitian ini masih mendekati angka 7. Dan untuk kualitas fluks, perlakuan *backwash* membran dengan NaOCl lebih baik dibandingkan dengan air PDAM

Berdasarkan data yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa perlakuan *backwash* membran dengan penambahan NaOCl lebih efektif menghilangkan *fouling* dan memperbaiki kinerja membran sehingga dihasilkan kualitas olahan air limbah yang lebih baik dibandingkan dengan *backwash* dengan air PDAM. Namun, pada penelitian selanjutnya, diharapkan ada penambahan waktu filtrasi serta pengujian terhadap kandungan permeat.

**Kata kunci:** *Biological Oxygen Demand, Chemical Oxygen Demand, Dissolve Oxygen , Membrane Bioreactor, Total Suspended Solids*



Khurun In Nur Kholifah. 145100600111016. The Effect of Addition Sodium Hypochlorite (NaOCl) for *Backwash Membrane Bioreactor* to Ammonia Wastewater Quality. Skripsi. Dosen Pembimbing I: Dr. Yusuf Wibisono, STP.,M.Sc. Dosen Pembimbing II: Shinta Rosalia Dewi, S.Si.,M.Sc

## SUMMARY

Wastewater is a liquid waste from byproducts of human activities, such as industry, households, hospitals, and others. If it in large amounts, this wastewater can cause pollution of surrounding environment, such as contamination of the river body. It can even harm human health. This is because wastewater contains toxic compounds, high organic and inorganic pollutants, and pathogenic microorganisms. Therefore, this wastewater must be treated to reduce the toxicity of the wastewater.

In this study, synthetic ammonia wastewater will be processed by membrane bioreactor (MBR) system. This system is assisted by the presence of activated sludge which serves to biologically degrade the wastewater. However, the problem that often occur on MBR system is the membrane fouling caused by sludge. Therefore, this study analyzed the effect of NaOCl addition for backwash membrane compared with PDAM water for backwash. The parameters of wastewater to be analyzed after processed by MBR system were Chemical Oxygen Demand (COD), Dissolve Oxygen (DO), Biological Oxygen Demand (BOD), Total Suspended Solids (TSS), and pH.

Based on the measurements on the parameters of wastewater, there were found that the highest rejection coefficient (%R) COD was in 60 minutes for the sample with the backwash NaOCl addition. The value was 85,7%. However, backwash with PDAM water from 20 to 80 minutes, had the %R that were not increase significantly. However, the highest %R COD was 95,2% at 100 minutes because it was influenced by the feed diffusion rate. furthermore, the lowest BOD concentration was in 100 minutes of NaOCl addition, that was 0.69 mg/L. Then for TSS concentration, the control ammonia wastewater had a low TSS compared to processed wastewater samples. However, visually it looked the most turbid due to its high soluble density. While TSS samples on membrane backwash

treatment with NaOCl addition were lower compared with PDAM water for backwash, that is 156 mg/L. Meanwhile, the pH value in this study was still closed to 7. And The flux quality, backwash with NaOCl was better than PDAM water.

Based on the data, it can be concluded that the membrane backwash treatment with the addition of NaOCl is more effective in removing the fouling and increase the membrane performance that the permeate quality was better that backwash with PDAM water. However, in this research, it is expected to there will be additional filtration time and testing of permeate content to get more valid data.

*Keywords: Oxygen Demand, Chemical Oxygen Demand, Dissolve Oxygen , Membrane Bioreactor, Total Suspended Solids*

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur di panjatkan kepada Allah yang telah melimpahkan rahmat dan anugerah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan Judu “Pengaruh Penambahan Natrium Hipoklorit (NAOCl) untuk *backwash Membrane Bioreactor* Terhadap Kualitas Limbah Cair Amonia” dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya Malang.

Selama proses penelitian dan penulisan tugas akhir ini, penulis banyak dibantu oleh berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Yusuf Wibisono, STP., M.Sc., sebagai dosen pembimbing I dan Ibu Shinta Rosalia, S.Si.,M.Sc sebagai dosen pembimbing II selaku dosen pembimbing terbaik yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama proses penyusunan dan penyelesaian Tugas Akhir.
2. Ibu La Choviya Hawa, STP.,MP.,Ph.D selaku Ketua Jurusan Keteknikan Pertanian Universitas Brawijaya.
3. Ibu Dr. Eng. Evi Kurniati, MT selaku Sekretaris Jurusan Keteknikan Pertanian Universitas Brawijaya.
4. Ayah, ibu, adik, dan seluruh keluarga yang selalu memberikan dukungan dan doa baik secara moril maupun materiil demi terselesaikannya Tugas Akhir ini.
5. Lek Haris yang selalu memberikan dukungan dan kemudahan dalam perizinan pengambilan lumpur aktif di PT Amerta Indah Otsuka Pabrik Pasuruan.
6. Vindy yang selalu mendukung, meluangkan waktu, membantu, dan memberikan semangat demi terselesainya Tugas akhir ini.
7. Novi dan Mar'atus sahabat yang selalu memberi dukungan serta yang selalu mendengar keluh kesah selama ini.
8. Ruth Oktavia selaku sahabat, teman sekos sekaligus sekamar yang selalu menjadi tempat berbagi cerita dari awal kuliah hingga sekarang. Serta Amel dan Amar yang selalu membantu dan berbagi keluh kesah selama di penelitian ini.

9. Teman-teman Pengurus Harian HIMATETA Periode 2016/2017 yang selalu menghibur ketika penat menghadapi suka duka kuliah
10. Teman-teman TBP angkatan 2014 yang telah memberikan semangat selama penyusunan Tugas Akhir ini
11. Semua pihak yang telah banyak membantu dalam memberikan fasilitas baik alat dan sebagainya.

Malang, 16 Maret 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL .....	i
LEMBAR PERSETUJUAN .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
RIWAYAT HIDUP .....	iv
HALAMAN PERUNTUKAN .....	v
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI .....	vi
RINGKASAN.....	vii
SUMMARY .....	ix
KATA PENGANTAR .....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xvi
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvii

BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
1.5 Batasan Masalah .....	6
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Limbah Cair .....	7
2.2 Limbah Amonia .....	9
2.2.1 Karakteristik Limbah Amonia .....	9
2.2.2 Dampak Negatif Limbah Amonia .....	9
2.3 Parameter Limbah Cair .....	10
2.3.1 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) .....	10
2.3.2 <i>Dissolve Oxygen</i> (DO).....	11
2.3.3 <i>Biological Oxygen Demand</i> (BOD) .....	12
2.3.4 <i>Total Suspended Solids</i> (TSS) .....	13
2.3.5 pH .....	14
2.4 Proses Pengolahan Limbah .....	14
2.4.1 Proses Kimia .....	14
2.4.2 Proses Fisika.....	14

2.4.3 Proses Biologi .....	15
2.5 <i>Membrane Bioreactor</i> .....	16
2.5.1 Definisi <i>Membrane Bioreactor</i> .....	16
2.5.2 <i>Fouling</i> pada Membran .....	17
2.5.3 Permeaselektivitas Membran .....	18
2.6 <i>Backwash</i> .....	19
2.6.1 Definisi <i>Backwash</i> .....	19
2.6.2 <i>Backwash</i> NaOCl .....	19
 BAB III METODE PENELITIAN .....	 21
3.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan .....	21
3.2 Alat dan Bahan .....	21
3.2.1 Alat .....	21
3.2.2 Bahan .....	23
3.3 <i>Set Up</i> dan Rancangan <i>Membrane Bioreactor</i> .....	24
3.4 Metode Pelaksanaan .....	25
3.4.1 Tahap Persiapan Limbah .....	26
3.4.2 Tahap Filtrasi Limbah .....	27
3.4.3 Pengujian Sampel .....	31
3.5 Pengamatan dan Analisis Data .....	35
3.5.1 Parameter Pengamatan .....	35
3.5.2 Analisis Data .....	35
 BAB IV PEMBAHASAN .....	 37
4.1 Persiapan dan Perlakuan Sampel .....	37
4.2 Pengaruh Penambahan NaOCl pada <i>Backwash Membran</i> terhadap Koefisien Rejeksi (%R) COD Limbah Cair Amonia.. .....	39
4.3 Pengaruh <i>Backwash</i> Membran dengan Penambahan NaOCl terhadap Konsentrasi DO dan BOD .....	44
4.4 Konsentrasi <i>Total Suspended Solids</i> (TSS) .....	48
4.5 Kadar pH pada Proses Filtrasi Limbah Cair Amonia .....	50
4.6 Perbandingan Fluks pada Perlakuan <i>Backwash</i> Membran dengan Penambahan NaOCl dan dengan Air PDAM .....	54

BAB V PENUTUP .....	57
5.1 Kesimpulan .....	57
5.2 Saran .....	58
DAFTAR PUSTAKA .....	59
LAMPIRAN .....	65

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Perlakuan <i>backwash</i> membran dengan penambahan NaOCl.....	30
Tabel 3.2 Perlakuan <i>backwash</i> membran dengan air PDAM . .....	31
Tabel 4.1 Konsentrasi dan %R COD <i>backwash</i> dengan penambahan NaOCl dan air PDAM .....	40
Tabel 4.2 Konsentrasi DO dan BOD pada sampel limbah dengan <i>backwash</i> NaOCl dan air PDAM.....	45
Tabel 4.3 Konsentrasi <i>Total Suspended Solids</i> (TSS).....	48



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sungai yang tercemar oleh limbah rumah tangga .....	8
Gambar 2.2 Skema <i>Membrane Bioreactor</i> .....	16
Gambar 2.3 Lumpur aktif untuk pengolahan limbah skala industri .....	17
Gambar 3.1 <i>Set Up Membrane Bioreactor</i> .....	24
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> penelitian .....	25
Gambar 3.3 <i>Fowchart</i> tahap persiapan limbah amonia .....	27
Gambar 3.4 <i>Flowchart</i> filtrasi limbah amonia .....	29
Gambar 4.1 Tahap aklimatisasi limbah cair amonia .....	38
Gambar 4.2 Keadaan membran.....	40
Gambar 4.3 nilai koefisien rejeksi (%R) COD <i>backwash</i> membran dengan NaOCl dan air PDAM.....	43
Gambar 4.4 Grafik konsentrasi BOD perlakuan <i>backwash</i> membran dengan NaOCl dan air PDAM.....	47
Gambar 4.5 Perbandingan konsentrasi TSS kontrol, <i>backwash</i> NaOCl, dan <i>backwash</i> air PDAM .....	49
Gambar 4.6 Grafik pH mulai dari persiapan limbah hingga proses filtrasi.....	51
Gambar 4.7 grafik perbandingan pH permeat yang diukur pada hari ke-0 dan hari ke-5 .....	52
Gambar 4.8 Perbandingan nilai fluks pada <i>backwash</i> membran dengan NaOCl dan air PDAM .....	55

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Desain <i>Membran Bioreactor</i> .....	67
Lampiran 2. Dokumentasi Penelitian.....	67
Lampiran 3. Hasil pengujian Parameter Kualitas Limbah Cair .....	73
Lampiran 4. Prosedur-prosedur .....	77
Lampiran 5. Spesifikasi Membran .....	79

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Limbah cair merupakan pembuangan yang berupa cairan yang dihasilkan dari proses seperti rumah tangga, industri, rumah sakit, dan lain-lain. Saat ini yang menempati urutan tertinggi penghasil limbah cair terbanyak yaitu rumah tangga dan kemudian diikuti dengan limbah cair yang dihasilkan dari kegiatan industri. Limbah cair ini mengandung zat-zat yang berbahaya yang tentunya berdampak merugikan baik terhadap lingkungan maupun kesehatan manusia. Menurut Riffat (2013) limbah cair mengandung polutan organik dan anorganik yang tinggi, mikroorganisme patogen, dan senyawa kimia yang bersifat toksik. Apabila limbah cair tersebut dibuang ke badan sungai tanpa diolah terlebih dahulu maka akan menyebabkan pencemaran pada lingkungan perairan. Penurunan kualitas air akan membuat air sungai tidak dapat digunakan untuk air minum di masa depan.

Menurut Arief (2016), prinsip hierarki pengolahan limbah adalah suatu prinsip yang memberikan pedoman tentang tahapan-tahapan dalam pengelolaan limbah mulai dari yang diprioritaskan hingga yang tidak. Dalam berbagai perjanjian lingkungan internasional, seperti Konvensi Basel dan Konvensi Stockholm, serta peraturan pengelolaan limbah di berbagai negara, seperti Directive 2006/12 dan Directive 2000/76 European Community, mengharuskan penghormatan terhadap prinsip pengelolaan limbah ini. Peraturan perundang-undangan Indonesia, seperti Undang-Undang Nomor 18 tahun 1999 Tentang Pengelolaan Sampah dan Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 18/1999 jo PP 85/1999 Tentang Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) juga menegaskan prinsip yang sama.

Komposisi limbah cair sebagian besar adalah air, sementara sisanya berupa partikel-partikel padatan terlarut (*dissolved solids*) maupun partikel padatan tidak terlarut

(*suspended solids*). Saat ini, telah banyak air sungai yang mengandung amonia dengan kadar yang cukup tinggi. Limbah amoniak ini biasanya dihasilkan dari aktivitas manusia, seperti limbah pembuatan tempe dan tahu maupun dari limbah domestik. Kadar amonia yang tinggi ini menunjukkan bahwa air tersebut telah mengalami pencemaran yang biasanya ditandai dengan keruhnya warna air, kurang enaknnya rasa air, serta timbulnya bau. Tingginya konsentrasi amonia dapat mengakibatkan kematian pada ikan, udang, dan binatang air lainnya yang hidup di perairan tersebut. Dan secara tidak langsung juga akan membahayakan lingkungan perairan sekitarnya yang dialiri oleh air tersebut.

Selain membahayakan bagi lingkungan, limbah yang mengandung amoniak yang tinggi ini juga membawa resiko bagi kesehatan manusia. Menurut Mukaromah (2010), yang menyatakan bahwa efek ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) terhadap kesehatan dan lingkungan adalah mengganggu pernapasan, iritasi selaput lendir hidung dan tenggorokan. Pada konsentrasi 5000 ppm dapat menyebabkan edema laryng, paru, dan akhirnya dapat menyebabkan kematian, iritasi mata (mata merah, pedih, dan berair) dan bisa menyebabkan kebutaan total, iritasi kulit dapat menyebabkan terjadinya luka bakar (*frostbite*), bersifat teratogenik pada paparan yang menahun. Oleh karena itu, diperlukan suatu teknologi yang dapat meminimalisir bahaya dari limbah amonia tersebut. Salah satu teknologi yang kini telah banyak digunakan untuk pengolahan limbah yaitu dengan sistem *Membran Bioreactor* (MBR)

*Membrane Bioreactor* (MBR) merupakan sistem pengolahan limbah dengan mengaplikasikan membran didalam sebuah bioreaktor. Sistem ini dibantu dengan adanya lumpur aktif (*activated sludge*) yang mengandung mikroorganisme aerob yang berfungsi untuk mendegradasi secara biologis limbah cair dan kemudian akan terjadi pemisahan solid (lumpur). Dengan menggunakan MBR ini, limbah cair yang awalnya mengandung senyawa-senyawa yang berbahaya yang ditandai dengan tingginya parameter seperti, *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Bioogycal Oxygend Demand* (BOD) akan mendekati standar baku mutu yang ditetapkan oleh Kementrian

Lingkungan Hidup (KLH) sehingga aman untuk dibuang ke badan sungai tanpa menimbulkan dampak yang buruk bagi lingkungan sekitar. Seperti halnya dengan bahaya yang ditimbulkan dari limbah amonia, dengan sistem MBR ini kandungan-kandungan kimia yang berbahaya dapat diuraikan dengan lumpur aktif dan dapat disaring dengan membran yang merupakan unit dari MBR.

Mekanisme kerja MBR sendiri tidak lepas dari peran penting teknologi membran. Teknologi membran merupakan sebuah alat yang bersifat selektif yang berfungsi untuk memisahkan suatu campuran menjadi dua fasa. Campuran yang dipisahkan tersebut baik bersifat homogen maupun heterogen. Kerja membran ini dibantu dengan adanya *driving force* yang berfungsi sebagai transportasi pada membran. Adapun *driving force* pada membran ini meliputi: tekanan, suhu, energi potensial, dan konsentrasi. Saat ini, banyak industri-industri skala besar yang sudah menggunakan teknologi membran dalam pengolahan limbahnya. Namun, membran yang telah berulang kali dipakai untuk menyaring limbah, lama-kelamaan kinerjanya akan menurun. Hal itu dikarenakan adanya peristiwa *fouling* yang merupakan peristiwa dimana pori-pori pada membran tersumbat oleh lumpur aktif sehingga menyebabkan kinerja membran menurun.

Kinerja membran merupakan tingkat kemampuan membran dalam memisahkan suatu campuran menjadi dua fasa yang diinginkan. Semakin lama membran itu digunakan untuk sebuah proses, maka semakin menurun kinerjanya. Penurunan kinerja membran tersebut tentunya berdampak buruk bagi permeate yang dihasilkan. Oleh karena itu, diperlukan metode *backwash* untuk memulihkan lagi kinerja membran yang telah menurun. *Backwash* ialah proses pencucian membran dengan cara membalikkan arah arus air, yaitu selang output diletakkan pada katup input, dan begitu sebaliknya sehingga air dapat membersihkan *fouling* yang menyumbat pada pori-pori membran. Metode pencucian kimia membran telah mampu mengembalikan kondisi membran menjadi bersih, memperbaiki fluks membran, dan mampu memperpanjang umur membran (Arnal *et al.*, 2011). Metode pencucian kimia atau dengan

penambahan *cleaning agent* biasanya menggunakan senyawa NaOCl.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *cleaning agent* sodium hipoklorit (NaOCl) terhadap kinerja MBR untuk menyaring limbah amonia. Limbah amonia yang dipakai untuk penelitian ini yaitu limbah amonia sintetis. Selain itu, penelitian ini juga berfokus terhadap kinerja membran untuk menurunkan beberapa parameter air limbah, seperti *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biological Oxygen Demand* (BOD), dan *Total Suspended Solids* (TSS).

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, adapun rumusan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana pengaruh NaOCl terhadap *backwash* membran untuk meningkatkan kinerja membran?
2. Bagaimana pengaruh *backwash* NaOCl terhadap nilai koefisien rejeksi COD pada penyaringan limbah amonia?
3. Bagaimana pengaruh *backwash* NaOCl terhadap konsentrasi BOD pada penyaringan limbah amonia?
4. Bagaimana pengaruh *backwash* NaOCl terhadap nilai fluks selama proses penyaringan limbah amonia?
5. Berapa nilai *Total Suspended Solids* (TSS) limbah amonia setelah diolah dengan *Membrane Bioreactor* (MBR)?
6. Berapa kadar pH pada proses pengolahan limbah amonia?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan nilai koefisien rejeksi COD dengan perlakuan penambahan *cleaning agent* pada saat *backwash* dibandingkan dengan *backwash* menggunakan air PDAM.

2. Menentukan konsentrasi BOD pada pengolahan limbah amonia dengan perlakuan *backwash* NaOCl dan air PDAM
3. Menentukan nilai fluks selama proses penyaringan limbah amonia dengan menggunakan MBR.
4. Menentukan nilai *Total Suspended Solids* (TSS) limbah amonia setelah diolah dengan MBR.
5. Menentukan nilai pH pada proses pengolahan limbah amonia.

#### 1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Penulis
  - Penulis dapat mengetahui pengaruh penambahan NaOCl pada proses *backwash* membran dibandingkan dengan menggunakan air biasa pada umumnya.
  - Penulis dapat mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh selama masa perkuliahan serta penulis dapat menambah wawasan yang lebih luas mengenai bidang penelitian yang terkait.
2. Bagi Peneliti Selanjutnya
  - Manfaat untuk peneliti ke depan adalah penelitian mengenai penggunaan NaOCl terhadap proses *backwash* membran ini dapat dijadikan sebagai acuan untuk pengembangan selanjutnya.
3. Bagi Masyarakat
  - Memberikan wawasan tentang potensi NaOCl sebagai salah satu upaya untuk meningkatkan kinerja *Membrane Bioreactor* pada saat *backwash*.

## 1.5 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini diberikan batasan masalah supaya pembahasan dari penelitian ini lebih terarah dan fokus. Adapun batasan masalah yang diberikan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium.
2. Penelitian ini menggunakan lumpur aktif yang diambil dari PT Amerta Indah Otsuka Pabrik Kejayan, Pasuruan.
3. Penelitian menggunakan *Membrane Bioreactor* dengan spesifikasi membran flat sheet (PES Membrane; pori 0,45  $\mu\text{m}$ ).
4. Penelitian menggunakan limbah amonia
5. Parameter pengujian meliputi uji parameter air limbah setelah disaring, yaitu *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Total Suspended Solids* (TSS), pH.
6. Tidak membahas kandungan lumpur aktif.
7. Tidak membahas kandungan limbah amonia.
8. Tidak membahas aspek ekonomi.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Limbah Cair**

Limbah cair merupakan air buangan yang berasal dari aktivitas seperti rumah tangga, rumah sakit, industri, dan lain-lain. Limbah cair ini apabila tidak diolah dan dalam jumlah besar akan membawa dampak yang buruk bagi lingkungan, yaitu pencemaran lingkungan. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 16 Tahun 2005 tentang Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, air limbah adalah air buangan yang berasal dari rumah tangga termasuk tinja manusia dari lingkungan pemukiman. Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari pemukiman, rumah sakit, perkantoran, dan lain-lain. Jumlah air limbah yang dibuang akan selalu bertambah dengan meningkatnya jumlah penduduk dan kegiatannya. Untuk mengurangi permasalahan ini, perlu diterapkan sistem penanganan air limbah yang baik dan terpadu, baik itu dalam sistem penyaluran maupun pengolahannya (Simanjuntak, 2015).

Limbah cair merupakan cairan yang dihasilkan dari proses produksi. Limbah cair ini umumnya akan dikumpulkan terlebih dahulu kemudian akan mengalami proses pengilahan ataupun kadangkala langsung dibuang ke perairan atau lingkungan. Pembuangan limbah cair langsung ke lingkungan akan sangat membahayakan karena kemungkinan adanya bahan-bahan berbahaya dan beracun ataupun kandungan limbah yang ada tidak mampu dicerna oleh mikroorganisme yang ada di lingkungan (Hidayat, 2016). Sedangkan menurut Soeparman (2001), limbah cair merupakan gabungan atau campuran dari air dan bahan-bahan pencemar yang terbawa oleh air, baik dalam keadaan terlarut maupun tersuspensi yang terbuang dari sumber domestik (perkantoran, perumahan, dan perdagangan), sumber industri, dan pada saat tertentu tercampur dengan air tanah, air permukaan, atau air hujan.



**Gambar 2.1** Sungai yang tercemar oleh limbah rumah tangga

**Gambar 2.1** diatas merupakan contoh sungai yang tercemar oleh limbah. Limbah tersebut dapat berasal dari berbagai aktivitas manusia disekitar sungai. Berbagai masalah dari pertumbuhan penduduk dengan kebutuhan dan ketersediaan air bersih menjadi suatu masalah yang saling berkaitan. Banyaknya lokasi permukiman yang berada di sekitar bantaran sungai merupakan suatu permasalahan yang krusial dan memerlukan upaya tersendiri untuk mengatasinya. Terlebih lagi terjadinya pencemaran air sungai yang ditimbulkan oleh warga, seperti pembuangan limbah rumah tangga dan membuang sampah yang langsung ke sungai (Puspitasari, 2009).

Keberadaan limbah cair sangat berbahaya bagi lingkungan sekitarnya. Limbah cair dalam jumlah besr dapat menyebabkan pencemaran pada perairan. Pencemar air dapat menentukan indikator yang terjadi pada air lingkungan. pencemar air dikelompokkan menjadi tiga, yaitu bahan buangan organik, bahan buangan anorganik, dan bahan bangan zat kimia. Limbah yang dihasilkan oleh suatu kegiatan baik industri maupun nonindustri dapat menimbulkan gas yang berbau busuk misalnya  $H_2S$  dan amonia akibat proses penguraian material-material organik yang terkandung di dalamnya. Selain itu, limbah dapat juga mengandung organisme patogen yang dapat

menyebabkan penyakit dan nutrisi terutama unsur P dan N yang dapat menyebabkan eutrofikasi. Karena itu, pengolahan limbah sangat dibutuhkan agar tidak mencemari lingkungan (Harmayani, 2007).

## **2.2 Limbah Amonia**

### **2.2.1 Karakteristik Amonia**

Pada Buku Ensiklopedi Umum (2012) yang menjelaskan tentang sifat amonia atau amoniak, persenyawaan zat lemas/ nitrogen dan hidrogen. Setiap molekulnya mengandung satu atom nitrogen dan tiga atom hidrogen. Gas amonia tak berwarna pada suhu biasa, berbau khusus dan menusuk, beratnya lebih dari setengah kali berat udara, mudah sekali larut dalam air. Pada suhu 0°C satu bagian air dapat melarutkan seribu dua ratus bagian (menurut perbandingan volume) amonia. Larutannya bersifat basa, disebut amonia atau amonia likuida. Pada tekanan normal (760 mmHg) gas amonia mencair pada suhu -33,4°C, dan membeku pada suhu -78°C. Pada suhu biasa mudah dicairkan dengan cara menambah tekanan.

Hewan akuatik umumnya mengekskresikan amonia ( $\text{NH}_3$ ) sebagai hasil proses metabolisme dan sebagai produk ekskretori (dari ginjal, jaringan insang). Amonia juga sebagai hasil dekomposisi protein dari plankton yang mati. Di perairan, amonia umumnya terlarut dalam bentuk  $\text{NH}_4$ , kadar amonia di perairan akan meningkat seiring dengan peningkatan suhu dan pH (Wantasen, 2013).

### **2.2.2 Dampak Negatif Limbah Amonia**

Amonia merupakan senyawa yang bersifat toksik dan tentunya dapat membahayakan kesehatan manusia serta lingkungan sekitarnya. Menurut Harahap (2013) yang menyatakan bahwa amonia berdampak negatif bagi organisme perairan dan manusia apabila dalam jumlah yang berlebihan. Zonneveld, Huisman dan Boon (1991) menyatakan bahwa amoniak dapat menyebabkan kerusakan pada jaringan insang ikan dan pada pH lebih dari 8 amoniak akan terserap dalam

darah akan mengakibatkan kerusakan sistem organ ikan. Pemerintah menetapkan Kep 51/MENLH/10/1995, sebagai baku mutu dimana kadar amoniak berkisar antara 1-5 mg/L.

Menurut Susiyanto (2007) jika amoniak masuk ke badan air maka yang terukur adalah amoniak total ( $\text{NH}_3$  dan  $\text{NH}_4^+$ ), amoniak bebas tidak dapat terionisasi, sedangkan ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dapat terionisasi. Pada pH 7 atau kurang, sebagian besar amoniak akan mengalami ionisasi, sebaliknya pada pH lebih dari 7 amoniak tidak terionisasi dan bersifat racun terhadap organisme dan sifat racun ini akan meningkat jika terjadi penurunan kadar  $\text{O}_2$  terlarut, pH dan suhu. Ikan tidak dapat bertoleransi terhadap kadar amoniak bebas yang terlalu tinggi, karena dapat mengganggu proses pengikatan  $\text{O}_2$  oleh darah yang pada akhirnya dapat mengakibatkan “sufokasi”. Amoniak bebas, tak dapat diukur secara langsung.

## **2.3 Parameter Limbah Cair**

### **2.3.1 Chemical Oxygen Demand (COD)**

*Chemical Oxygen Demand* (COD) merupakan jumlah yang setara dengan oksigen bahan organik dalam sampel yang rentan terhadap oksidasi oleh oksidan kimia yang kuat pada suhu tinggi dan pH yang rendah. COD ini juga dipengaruhi oleh *biochemical oxygen demand*, karbon organik, total padatan volatil (U.S. EPA, 2001). COD merupakan parameter pencemaran air oleh senyawa organik yang secara ilmiah dapat teroksidasi melalui proses mikrobiologis dengan adanya oksigen dalam air, sehingga menyebabkan berkurangnya ketersediaan oksigen terlarut dalam air. Dengan melihat angka COD, maka akan diketahui tingkat pencemaran yang terdapat pada limbah cair (Akhsanti, 2010). Hidayat dalam bukunya yang berjudul *Bioproses Limbah Cair* (2016) juga menyebutkan bahwa COD merupakan penentuan kadar oksigen yang dibutuhkan untuk oksidasi bahan kimia dalam suatu limbah. determinasi COD biasanya menggunakan  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  yang membutuhkan waktu lama agar oksidasi berlangsung sempurna. Peningkatan waktu oksidasi juga mulai banyak diteliti, misalnya dengan

menggunakan *microwave* ataupun *ultrasonic*. Cara lain dari metode  $K_2Cr_2O_7$  adalah menggunakan  $PbO_2$  atau sensor Cu dan kini juga dikembangkan sensor material nano  $TiO_2$ . Uji COD merupakan uji kimia sehingga membutuhkan waktu yang lebih cepat dibandingkan uji biokimia pada BOD. Uji COD merupakan uji kimia, maka analisisnya tidak dipengaruhi oleh aktivitas bakteri. Oleh sebab itu, ragam senyawa yang ada dalam limbah seperti senyawa yang mungkin bersifat toksik bagi mikroorganisme bukan merupakan kendala dalam analisis.

Menurut Paramita (2012), *Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah banyaknya oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik secara kimiawi. Tes COD digunakan untuk menghitung kadar bahan organik yang dapat dioksidasi secara kimia dengan menggunakan dikromat dalam media asam. Terkait dengan metode pengukuran COD, menurut Nurdin (2009) menjelaskan bahwa metode standar penentuan kebutuhan oksigen kimiawi atau *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang digunakan saat ini adalah metode yang melibatkan penggunaan oksidator kuat kalium bikromat, asam sulfat pekat, dan perak sulfat sebagai katalis. Namun, saat ini perkembangan metode-metode penentuan nilai COD dapat diklasifikasikan menjadi dua kategori. Pertama, metode yang didasarkan pada prinsip oksidasi kimia secara konvensional dan sederhana dalam proses analisisnya. Kedua, metode berdasarkan pada oksidasi elektrokatalitik pada bahan organik dan disertai pengukuran secara elektrokimia.

### 2.3.2 *Dissolved Oxygen (DO)*

*Dissolved Oxygen (DO)* merupakan salah satu parameter yang penting untuk mengetahui kualitas air. Semakin banyak kandungan oksigen yang ada di perairan maka semakin baik kualitas perairan tersebut. Hal tersebut dikarenakan oksigen sangat dibutuhkan oleh makhluk hidup yang ada di perairan tersebut. Menurut Gopalan (2008) rendahnya konsentrasi atau tidak adanya oksigen di perairan merupakan

indikasi terjadinya pencemaran air. Dengan begitu perairan tersebut mengalami permasalahan yang serius.

Menurut Effendi (2003), atmosfer bumi mengandung oksigen sekitar 210 ml/liter. Oksigen merupakan salah satu gas yang terlarut dalam perairan. Kadar oksigen yang terlarut di perairan alami bervariasi, tergantung pada suhu, salinitas, turbulensi air, dan tekanan atmosfer. Semakin besar suhu dan ketinggian (*altitude*) serta semakin kecil tekanan atmosfer, kadar oksigen terlarut semakin kecil. Kadar oksigen terlarut juga berfluktuasi secara harian (*diurnal*) dan musiman, tergantung pada pencampuran (*mixing*) dan pergerakan (*turbulence*) massa air, aktivitas fotosintesis, respirasi, dan limbah yang masuk ke badan air/

Alat ukur untuk mengetahui konsentrasi yang ada pada air disebut DO meter. Sedangkan satuan untuk DO yaitu parts per million (ppm) atau juga dapat didefinisikan sebagai jumlah oksigen ( $O_2$ ) yang terlarut dalam satu liter air (mg/L). Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi DO, yaitu (Palanna, 2009):

- Suhu, apabila suhu air rendah maka DO meningkat dan begitu sebaliknya
- Populasi tumbuhan perairan
- Aliran air
- Tekanan atmosfer
- Aktivitas manusia
- Limbah organik

### **2.3.3 Biological Oxygen Demand (BOD)**

Uji BOD adalah salah satu metode analisis yang paling banyak digunakan dalam penanganan limbah dan pengendalian polusi. Uji ini mencoba menentukan kekuatan polusi dari satu limbah dalam pengertian kebutuhan mikroba akan oksigen dan merupakan ukuran tak langsung dari bahan organik dalam limbah. Uji BOD distandarisasi pada periode 5 hari, suhu 20°C. sampel disimpan dalam botol yang kedap udara. Stabilisasi yang sempurna dapat membutuhkan waktu lebih dari 100 hari pada suhu 20°C. periode inkubasi yang lama ini tidak praktis untuk penentuan rutin. Oleh karena itu prosedur yang



disarankan oleh AOAC (*Association of Official Analytical Chemists*) adalah periode inkubasi 5 hari dan disebut BOD<sub>5</sub> (Jenie, 2007).

Penentuan BOD (*Biological Oxygen Demand*) merupakan uji yang umum dilakukan di laboratorium untuk kualitas limbah. prosedur laboratorium menggunakan kebutuhan oksigen relatif oleh limbah cair, efluen, dan polutan air. Nilai BOD mengindikasikan jumlah bahan organik yang terdegradasi secara biologis dan oksigen yang digunakan untuk mengoksidasi bahan anorganik seperti sulfide dan besi. Oksigen juga digunakan untuk mengoksidasi senyawa nitrogen tereduksi. Uji BOD ini menjadi standar dalam penentuan kualitas limbah cair yang akan dibuang di berbagai negara termasuk Indonesia (Hidayat, 2016).

#### **2.3.4 Total Suspended Solids (TSS)**

Menurut Woodard (2006) yang menjelaskan bahwa padatan yang tidak bisa melewati filter dengan pori 0,45  $\mu\text{m}$  disebut dengan *Total Suspended Solids* (TSS). Padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solids* atau TSS) adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter > 1  $\mu\text{m}$ ) yang tertahan pada saringan *mili-pore* dengan diameter pori 0,45  $\mu\text{m}$ . TSS terdiri atas lumpur dan pasir halus serta jasad-jasad renik, yang terutama disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air (Effendi, 2012).

Zat padat tersuspensi (*Total Suspended Solids*) adalah semua zat padat (pasir, lumpur, dan tanah liat) atau partikel-partikel yang tersuspensi dalam air dapat berupa komponen hidup (biotik) seperti fitoplankton, zooplankton, bakteri, fungi, ataupun komponen mati (abiotik) seperti detritus atau partikel anorganik (Paramita, 2012). TSS merupakan material yang halus dalam air yang mengandung lanau, bahan organik, mikroorganisme, limbah industri dan limbah rumah tangga yang dapat diketahui beratnya setelah disaring dengan kertas filter ukuran 0,042 mm. kandungan TSS dengan menentukan kondisi kesuburan suatu perairan (Wirasatriya, 2011).

### **2.3.5 pH**

Salah satu kandungan pada air biasa disebut kadar pH. Kadar pH ini dapat menentukan apakah air tersebut dikategorikan baik, buruk, atau sedang. Kadar pH yang lebih rendah dari 7 dianggap asam dan kadar pH yang lebih tinggi dari 7 dianggap basa (Azmi, 2016). pH merupakan parameter kimia organik pada air. Nilai pH yang lebih dari 7 menunjukkan sifat korosi yang rendah sebab semakin rendah pH, maka sifat korosinya semakin tinggi. Nilai air lebih besar dari 7 memiliki kecenderungan untuk membentuk kerak dan kurang efektif dalam membunuh bakteri sebab akan lebih efektif pada kondisi netral atau bersifat asam lemah (Amani, 2016).

## **2.4 Proses Pengolahan Limbah**

### **2.4.1 Proses Kimia**

Proses pengolahan secara kimia, meliputi proses-proses: koagulasi-flokulasi, yaitu proses pemisahan partikel dengan menambahkan bahan koagulasi dibantu dengan proses flokulasi. Proses-proses lainnya adalah: proses pertukaran ion dan proses yang mampu menghilangkan zat terlarut organik (Wagini, 2002). Pengolahan secara kimia dilakukan dengan cara mengendapkan bahan padatan melalui penambahan zat kimia. Reaksi yang terjadi akan menyebabkan berat jenis bahan padatan menjadi lebih besar daripada air. Tidak semua reaksi dapat berlaku untuk semua senyawa kimia (terutama senyawa organik) (Chandra, 2005).

### **2.4.2 Proses Fisika**

Proses pengolahan secara fisika yaitu proses pengolahan yang mengakibatkan perubahan kualitas limbah cair akibat berlangsungnya proses-proses fisis. Proses ini meliputi: proses sekrining, flotasi, filtrasi, sedimentasi, dan absorpsi (Wagini, 2002). Pengolahan secara fisika dilakukan melalui pengendapan maupun pengapungan yang ditujukan untuk bahan kasar yang terkandung dalam air limbah. Pengapungan



dilakukan dengan memasukkan udara ke dalam air dan menciptakan gelembung gas sehingga partikel halus terbawa bersama gelembung ke permukaan air. Sementara itu, pengendapan (tanpa penambahan bahan kimia) dilakukan dengan memanfaatkan kolam berukuran tertentu untuk mengendapkan partikel-partikel dari air yang mengalir di atasnya (Chandra, 2005).

### 2.4.3 Proses Biologi

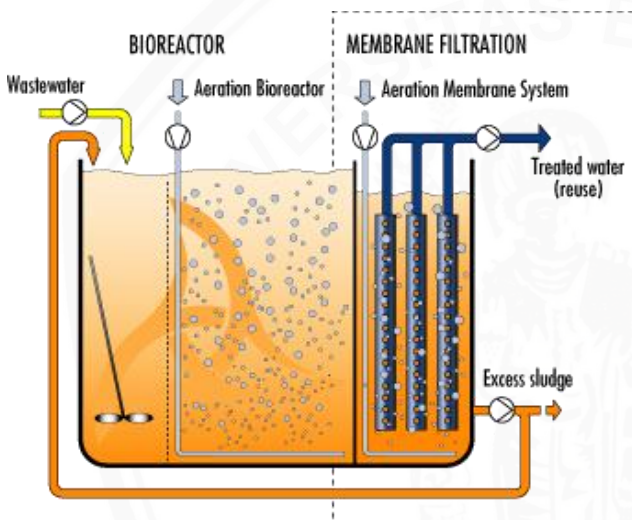
Proses pengolahan secara biologi sesungguhnya merupakan proses oksidasi yang memanfaatkan aktivitas mikroorganisme. Proses pengolahan secara biologi diklasifikasi berdasarkan ketergantungan prosesnya dengan oksigen, yaitu proses aerob dan proses anaerob (Wagini, 2002). Proses biologi ini juga dapat disebut sebagai *Activated Sludge Process* karena dalam pengolahannya menggunakan lumpur aktif untuk mendegradasi limbah. Proses pengolahan lumpur secara biologis dengan metode lumpur aktif adalah proses yang terjadi dalam larutan tersuspensi yang memanfaatkan mikroorganisme dalam keadaan aerobik menggunakan senyawa oksigen untuk menguraikan zat-zat organik dalam air limbah sebagai makanannya sehingga kandungan zat organik dalam air tersebut menjadi jauh berkurang (Amerta Indah Otsuka, 2010).

Proses pengolahan limbah dengan lumpur secara konvensional menggunakan prinsip koagulasi. Namun saat ini sudah ada teknologi yang lebih modern dan tentunya efektif, yaitu dengan memanfaatkan teknologi membran sebagai media filtrasi lumpur aktif dengan air hasil pengolahan limbah cair. Menurut Widyasmara (2013), dewasa ini salah satu teknologi yang sering diterapkan dan diterima secara luas untuk pemurnian air adalah penggunaan membran mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi. Aplikasi membran mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi untuk mengolah air limbah dapat diterima secara luas karena secara konsisten menghasilkan kualitas air buangan lebih baik dan mengembalikan komponen yang masih berguna untuk didaur ulang.

## 2.5 *Membrane Bioreactor*

### 2.5.1 Definisi *Membrane Bioreactor*

*Membrane Bioreactor* merupakan suatu teknologi yang digunakan untuk pengolahan limbah. teknologi ini telah banyak digunakan oleh industri dikarenakan kecanggihannya serta kemampuan menyaring limbah yang efektif dan efisien. Teknologi *Membrane Bioreactor* (MBR) merupakan teknologi dengan kombinasi proses lumpur aktif konvensional yang digunakan untuk mendegradasi limbah yang kemudian dipisahkan dengan membran mikrofiltrasi maupun ultrafiltrasi. Teknologi MBR ini telah banyak digunakan untuk pengolahan limbah skala industri (Hoinkis, 2012). *Membrane Bioreactor* (MBR) merupakan teknologi gabungan dari bioreaktor lumpur aktif dengan filtrasi membran. MBR ini menghasilkan effluen atau keluaran dengan kualitas yang lebih baik dan merupakan teknologi pengolahan air limbah yang dapat diandalkan. Dikarenakan standar air bersih yang ketat, MBR seringkali dijadikan alternatif dalam pengolahan air limbah, baik untuk limbah domestik maupun limbah skala industri (Bilad, 2017).



**Gambar 2.2** Skema *Membrane Bioreactor*

### 2.5.2 *Fouling* pada Membran

Tekologi membran yang sekarang banyak dimanfaatkan untuk pengolahan limbah sangat potensial untuk menggantikan metode konvensional dengan menggunakan lumpur aktif (*activated sludge*) yang kemudian dilakukannya sedimentasi. Istilah lumpur aktif digunakan untuk suspensi biologis atau massa mikroba yang sangat aktif mendegradasi bahan-bahan organik yang terlarut. Cara ini dilakukan dengan memanfaatkan kemampuan mikroba mendegradasi bahan organik kompleks menjadi senyawa stabil dan dapat menurunkan COD dan BOD air limbah. lumpur aktif juga mampu memetabolisme dan memecah zat-zat pencemar yang ada dalam limbah dan pengolahan limbah ini menggunakan lumpur (Sudaryanti, 2012). Namun, permasalahan umum yang sering dijumpai pada proses bioreaktor membran adalah terjadinya *fouling* akibat penyumbatan pada permukaan dan pori membran (Komala, 2015). *Fouling* yang terbentuk pada membran biasanya disebabkan oleh material polimer ekstraseluler (EPS) yang merupakan senyawa pembentuk agregat mikroba seperti biofilm, flok, dan lumpur aktif (Judd, 2006).



**Gambar 2.3** Lumpur aktif untuk pengolahan limbah skala industri

Permasalahan yang selalu terjadi pada proses pemisahan dengan menggunakan teknologi membran yaitu terjadinya penyumbatan (*fouling*) yang menyebabkan terjadinya penurunan *fluks* permeat. Penyumbatan terjadi karena terjadinya pengumpulan material di dekat atau dalam membran yang menurunkan permeabilitas membran dengan cara menutupi atau mengecilkan pori (Warsa, 2006).

### 2.5.3 Permelektivitas Membran

Menurut Aprilia (2011) kinerja membran ditentukan terhadap selektifitas dan fluks membran seperti ukuran pori dan rejeksi. Selektifitas membran adalah ukuran kemampuan suatu membran untuk menahan suatu spesi atau melewatkan suatu spesi tertentu. Adapun faktor yang mempengaruhi selektifitas membran, meliputi: interaksi antar muka dengan spesi yang melewatinya, ukuran spesi, dan ukuran pori permukaan membran. Parameter yang digunakan untuk mengukur permelektifitas membran yaitu koefisien rejeksi (*R*). Semakin tinggi nilai koefisien rejeksi maka semakin baik kinerja membran. Hal itu disebabkan semakin besar koefisien rejeksi maka semakin kecil konsentrasi permeate, yang berarti semakin sedikit suatu senyawa atau zat yang dilewatkan membran (Mulder, 1996).

Menurut Gustian (2006) nilai rejeksi meningkat dengan meningkatnya aplikasi tekanan, tetapi peningkatan nilai rejeksi ini tidak terlalu berarti. Semakin besar tekanan larutan umpan semakin besar pula kompetisi untuk melewati pori membran, semakin banyak partikel umpan yang tertahan sehingga menghasilkan nilai rejeksi yang besar dibandingkan dengan tekanan yang lebih rendah. Menurut Cui dan Muralidhara (2010) koefisien rejeksi adalah fraksi zat terlarut yang tidak menembus membran, dan dirumuskan sebagai berikut:

$$R = 1 - \frac{C_p}{C_f} \times 100\% \dots (2.1)$$

Dimana:

$R$  = koefisien rejeksi (%)

$C_p$  = konsentrasi zat terlarut dalam permeate

$C_f$  = konsentrasi zat terlarut dalam feed

## 2.6 **Backwash**

### 2.6.1 Definisi **Backwash**

*Backwashing* membran diperlukan untuk mengatasi padatan-padatan yang menutupi permukaan membran yang tentunya akan menghambat pori-pori membran (AWWA, 2005). *Backwash* merupakan proses yang bertujuan untuk menghilangkan *fouling* pada membran. Menurut Setiawan (2013) *backwash* merupakan salah satu cara untuk mencegah *fouling*. Umumnya membran yang telah mengalami *backwash* dapat digunakan kembali pada proses pemisahan, walaupun performa dan stabilitas sedikit menurun dibandingkan dengan membran yang belum digunakan. Adapun mekanisme *backwash* sendiri, yaitu dengan meletakkan selang output pada input modul membran.

Pada penggunaan teknologi membran ini, masalah yang paling utama yaitu terdapatnya *fouling* pada permukaan membran. *Fouling* terjadi karena akumulasi material yang tertahan pada membran. *Fouling* diduga dapat direduksi dengan tindakan *chemical agent cleaning* seperti detergen dan NaOH. Detergen adalah pembersih sintetis campuran berbagai bahan, seperti surfaktan yang merupakan zat aktif permukaan yang mempunyai ujung yang berbeda yaitu hidrofil (suka air) dan hidrofob (suka lemak). NaOH sangat tepat sebagai zat pembersih silica, koloid *anorganic* dan *foulant* dari material organik/ biologi (Scott, 1995).

### 2.6.2 **Backwash Membran dengan NaOCl**

Beberapa penelitian mengenai pengendalian *fouling* pada membran telah dilakukan, mulai dari mengembangkan proses pre-treatment yang sesuai hingga modifikasi membran

*antifouling*. Meskipun beberapa usaha mengenai pengendalian *fouling* telah dilakukan, *fouling* pada membran tetap terjadi. Dengan demikian, metode yang tepat untuk menghilangkan *fouling* pada membran adalah melalui pencucian kimia. Jenis-jenis larutan kimia yang umum digunakan dalam pencucian membran adalah larutan asam, basa, logam *chelating agent*, detergen, dan enzim. Metode pencucian kimia membran telah diketahui mampu mengembalikan kondisi membran menjadi bersih, memperbaiki fluks membran, dan mampu memperpanjang umur membran (Jayanti, 2016).

Metode *backwash* selama ini kebanyakan hanya menggunakan air biasa. Namun, hasilnya peningkatan nilai fluks kurang optimal. Berdasarkan penelitian Puri (2017) menjelaskan bahwa dengan larutan sodium hipoklorit (NaOCl) dapat meningkatkan nilai koefisien rejeksi dan nilai fluks pada membran saat dilakukan pencucian dengan cleaning agent NaOCl tersebut. NaOCl berfungsi sebagai pembersih kotoran dan desinfektan, sebagaimana dijelaskan oleh Jenie (2007) yang menjelaskan bahwa residu klorin juga merupakan hal yang harus diperhatikan dalam penggunaan klorin karena kemampuannya sebagai agen penginaktivasi enzim mikroba setelah zat tersebut masuk ke dalam sel mikroba. Klorin dapat bertindak sebagai desinfektan baik dalam bentuk klorin bebas maupun klorin terikat pada suatu larutan dapat dijumpai dalam bentuk asam hipoklorit atau ion hipoklorit.



## BAB III METODE PENELITIAN

### 1.1 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Lumpur aktif yang digunakan untuk penelitian berasal dari PT Amerta Indah Otsuka Pabrik Kejayan, Pasuruan. Selanjutnya, proses pembuatan limbah hingga penyaringan limbah dilaksanakan di Bengkel Inovasi Anak Bangsa. Sedangkan untuk menguji kadar BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan pH limbah dilaksanakan di Laboratorium Kimia Dasar, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya. Kemudian untuk menguji kadar COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan TSS (*Total Suspended Solids*) dilaksanakan di laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang. Adapun untuk waktu pelaksanaan penelitian dilaksanakan selama 2 bulan yaitu pada Bulan Januari hingga Bulan Februari 2018.

### 1.2 Alat dan Bahan

#### 1.2.1 Alat

Dalam penelitian ini digunakan beberapa peralatan untuk menunjang pelaksanaan penelitian. Adapun alat yang digunakan antara lain:

a. Unit *Membrane Bioreactor*

Unit Membran bioreactor ini terdiri dari wadah yang berbentuk balok (30cm x15cm x20cm) yang terbuat dari akrilik sebagai wadah limbah dan lumpur aktif yang akan disaring, pompa dengan tekanan 0,48 MPa yang berfungsi untuk menyedot air agar melewati membran, manometer untuk mengatur tekanan effluen, membran flatsheet sebagai penyaring (10,5cm x 8,5 cm) , modul membran sebagai tempat membran, dan kran untuk mengatur keluarnya air, selang berfungsi sebagai saluran air.

- b. Pipa  
Pipa dengan panjang 30 cm dengan lubang-lubang berdiameter 2,5 mm ini berfungsi sebagai aerasi di dalam unit *Membrane Bioreactor*.
- c. Aerator  
Aerator berfungsi sebagai sumber oksigen yang diarahkan ke MBR dan bak penampung lumpur aktif.
- d. Batu aerasi  
Batu aerasi berfungsi sebagai pemecah gelembung untuk mengaerasi lumpur aktif di bak penampung.
- e. Bak penampungan lumpur aktif  
Sebagai tempat lumpur aktif sebelum dipindah ke MBR.
- f. Gunting/ *cutter*  
Gunting/ *cutter* berfungsi untuk memotong membran sebelum ditempelkan pada modul membran.
- g. Gelas ukur  
Gelas ukur yang digunakan pada penelitian ini adalah gelas ukur dengan volume 2L. Gelas ukur ini berfungsi untuk mengukur volume limbah yang dibuat.
- h. Timbangan analitik  
Timbangan analitik berfungsi untuk menimbang bahan yang digunakan untuk membuat limbah amonia.
- i. Botol sampel  
Botol sampel berfungsi sebagai wadah sampel limbah yang akan diukur pH, BOD, COD, dan TSS.
- j. Unit pH meter  
Unit pH meter berfungsi sebagai alat untuk mengukur nilai pH pada sampel limbah amonia
- k. DO meter  
Alat DO meter berfungsi untuk mengukur nilai BOD pada limbah amonia
- l. Kertas label  
Kertas label berfungsi untuk memberi tanda pada masing-masing sampel yang akan diukur.



m. *Ice box*

*Ice box* berfungsi untuk wadah botol sampel untuk dibawa ke laboratorium

### 3.2.2 Bahan

Berikut merupakan bahan yang digunakan pada penelitian sebagai berikut:

a. Urea

Urea merupakan salah satu bahan untuk membuat limbah amonia. Selain itu, urea ini berfungsi sebagai nutrien untuk lumpur aktif.

b. Kalium dihidrogen fosphat

Kalium dihidrogen fosphat berfungsi sebagai bahan untuk membuat limbah amonia.

c. Glukosa

Glukosa berfungsi sebagai bahan untuk membuat limbah amonia.

d. *Activated sludge* (lumpur aktif)

*Activated sludge* (lumpur aktif) berfungsi untuk mendegradasi limbah.

e. Aquades

Aquades sebagai bahan penunjang untuk pencucian probe alat pH meter, DO meter juga dalam proses pengujian COD.

f. Lem

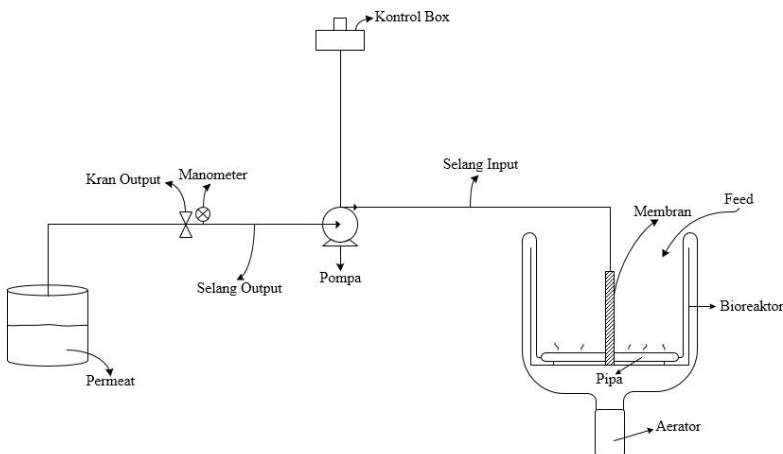
Lem berfungsi untuk melekatkan membran flatsheet pada modul membran.

g. Es batu

Es batu berfungsi untuk menjaga agar kondisi COD tidak berubah ketika di perjalanan menuju laboratorium.

### 1.3 Set Up dan Rancangan Membrane Bioreactor

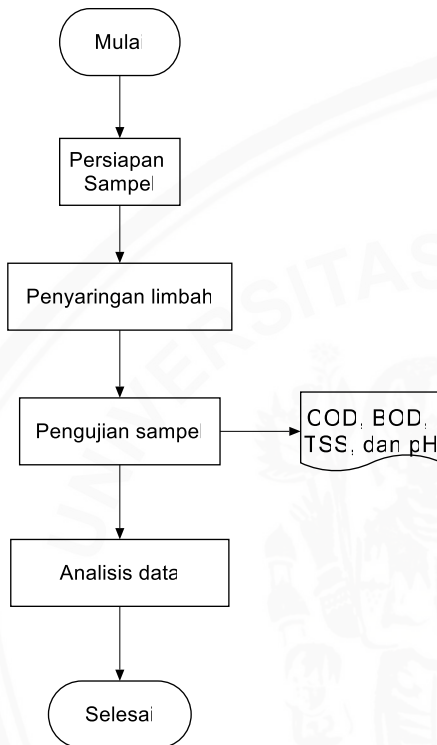
Pengolahan limbah dengan sistem *Membrane Bioreactor* ini memiliki rancangan alat yang sederhana. Adapun bagian-bagian dari bioreaktor ini, seperti wadah *feed* yang di dalamnya terdapat pipa aerasi dan modul membran. Pipa aerasi tersebut terhubung ke aerator yang berfungsi sebagai penyuplai serta untuk proses homogenisasi limbah amonia dan lumpur aktif pada saat proses penyaringan limbah. Selanjutnya, *feed* tersebut melewati selang karena disedot oleh pompa dengan tekanan 0,48 MPa. Pada rangkaian *Membrane Bioreactor* ini juga dilengkapi dengan manometer serta keran output yang berfungsi untuk mengatur tekanan output yang keluar. Namun, pada penelitian ini selama proses keran dibiarkan terbuka maksimal. Selanjutnya, air olahan limbah amonia akan keluar dan menuju wadah *permeate*. Selama proses pengolahan limbah ini, untuk menghidupkan *Membrane Bioreactor* terdapat *control box* yang berfungsi untuk menghidupkan maupun mematikan alat. Berikut merupakan **Gambar 3.1** yang menunjukkan tentang *set up* dari *Membrane Bioreactor*.



**Gambar 3.1** *Set up Membrane Bioreactor*

## 1.4 Metode Pelaksanaan

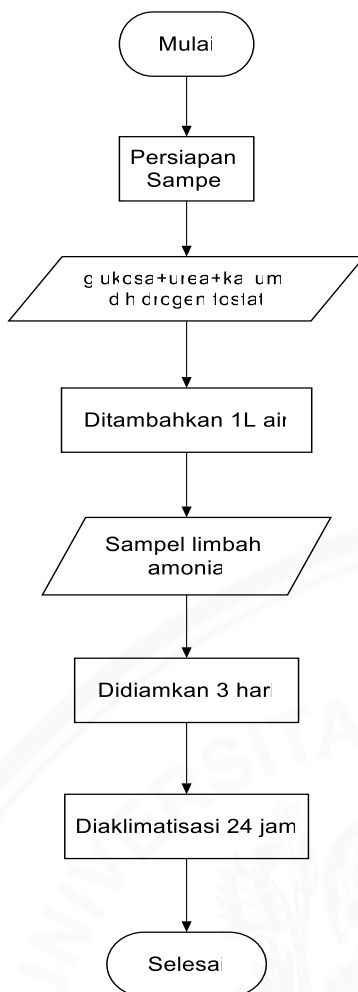
Pelaksanaan penelitian ini terdapat beberapa tahapan perlakuan. Tahapan pertama adalah tahap persiapan alat dan bahan, seperti gelas ukur, timbangan, urea,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , dan lain-lain. Tahap persiapan juga meliputi tahap pembuatan limbah amonia. Tahapan kedua yaitu tahapan penyaringan limbah amonia. Pada tahapan kedua ini merupakan tahapan dimana terjadinya proses *running* MBR. Pada tahapan kedua ini nantinya akan didapatkan beberapa sampel limbah. Selanjutnya yaitu tahap pengujian sampel. Sampel limbah yang telah dihasilkan kemudian diuji nilai pH, BOD, COD, dan TSS. *Flowchart* penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.



**Gambar 3.2** *Flowchart* penelitian

### 3.4 .1 Tahap Persiapan Limbah

Tahap pertama dalam penelitian ini adalah tahap persiapan limbah amonia. Limbah amonia dibuat dari campuran 1125 mg glukosa, 53,03 mg  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 325,714 mg urea, dan 1L air. Setelah bahan-bahan tersebut dicampurkan, kemudian larutan tersebut didiamkan di udara terbuka selama 3 hari. Setelah 3 hari, limbah amonia diukur pHnya dengan menggunakan pH meter. Kemudian, tahapan selanjutnya adalah aklimatisasi. Tahap aklimatisasi merupakan tahapan dimana mikroorganisme di dalam lumpur aktif akan melalui proses adaptasi dengan limbah yang telah dicampurkan. Sebelumnya, lumpur aktif sebanyak 1L diletakkan pada gelas ukur dan didiamkan beberapa saat hingga terbentuk dua lapisan, yaitu lumpur yang mengendap dan air, tahapan ini sering disebut dengan tahap pembibitan. Setelah itu, limbah amonia yang telah didiamkan kemudian diaklimatisasi dengan cara mencampurkan dengan lumpur aktif yang telah disiapkan sebelumnya. Tahap aklimatisasi ini berlangsung selama 24 jam. Berikut merupakan **Gambar 3.3** yang menjelaskan mengenai *flowchart* dari tahap persiapan limbah:



**Gambar 3.3** Flowchart tahap persiapan limbah amonia

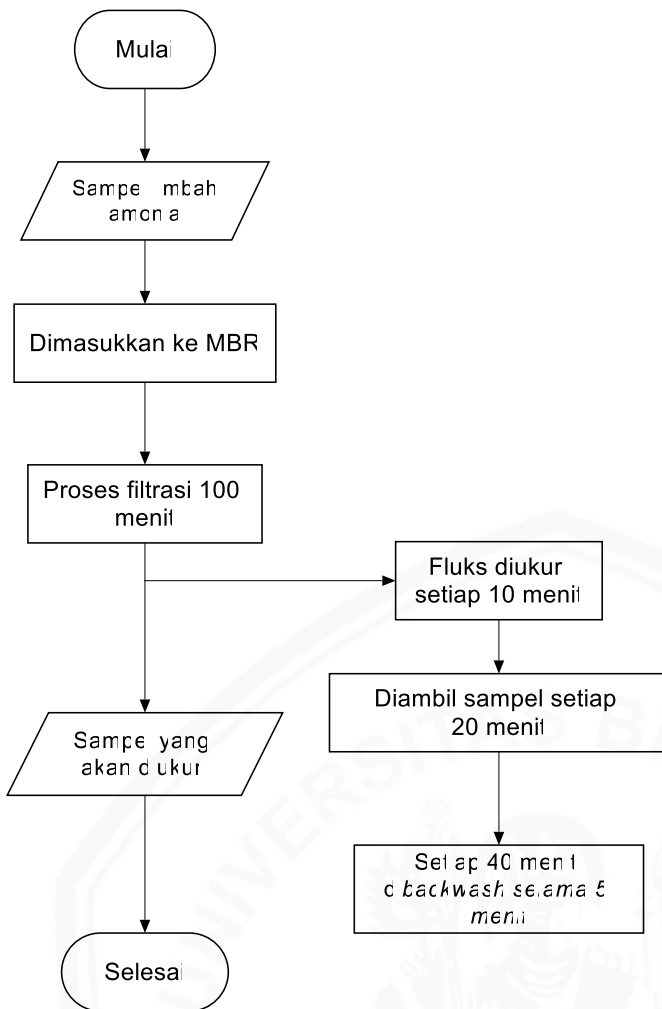
### 3.4.2 Tahap Filtrasi Limbah

Setelah limbah amonia dan lumpur aktif diaklimatisasi, tahap selanjutnya yaitu tahap filtrasi. Pada tahap ini, unit MBR dirangkai sebelum proses *running* alat. Kemudian, campuran limbah dan lumpur dimasukkan ke dalam MBR. Selanjutnya, ditambahkan 4L air bersih ke dalam MBR tersebut. Fungsi

penambahan air bersih ini yaitu sebagai pengencer, dikarenakan lumpur aktif yang mempunyai viskositas yang tinggi tidak dapat memasuki pori-pori membran apabila tidak diencerkan. Selanjutnya, MBR dinyalakan. Selama proses filtrasi terdapat beberapa perlakuan yang harus diperhatikan, yaitu:

- a. Filtrasi dilakukan selama 100 menit
- b. Setiap 20 menit diambil sampel limbah yang sudah disaring
- c. Diukur nilai pH tiap 20 menit selama 100 menit
- d. Setiap 40 menit dilakukan proses *backwash*
- e. *Backwash* dilakukan selama 10 menit
- f. Diukur nilai fluks tiap 10 menit selama 100 menit

Pada penelitian ini, dibutuhkan waktu  $\pm 240$  menit untuk *running* MBR dengan rincian 120 menit pertama untuk perlakuan *backwash* dengan air bersih biasa dan 120 menit kedua untuk perlakuan *backwash* dengan penambahan NaOCl. Berikut merupakan **Gambar 3.4** *flow chart* dari tahap filtrasi limbah pada penelitian ini:



**Gambar 3.4** *Flowchart* filtrasi limbah amonia

Pada tahap filtrasi limbah ini, didapatkan beberapa macam sampel, yaitu 1 sampel limbah kontrol yang belum mengalami proses filtrasi limbah, 5 sampel limbah yang diberi perlakuan *backwash* dengan air PDAM yang akan diukur pH, BOD, dan COD. Sampel selanjutnya yaitu 5 sampel limbah yang diberi perlakuan *backwash* dengan NaOCl yang akan diukur pH, BOD, dan COD, 1 sampel yang diberi perlakuan *backwash* dengan air PDAM yang akan diuji TSS, serta 1 sampel yang diberi perlakuan *backwash* dengan NaOCl yang akan diuji TSS. Berikut merupakan **Tabel 3.1** dan **Tabel 3.2** yang menjelaskan mengenai rincian perlakuan pada penelitian ini:

**Tabel 3.1** Perlakuan *backwash* membran dengan penambahan NaOCl

Menit	Volume	Fluks	pH	Analisis sampel			
				COD	BOD	pH	TSS
10	V10	F1					
20	V20	F2	pH20	COD20	BOD20	pH20	
30	V30	F3					
40	V40	F4	pH40	COD40	BOD40	pH40	
Backwash membran							
50	V50	F5					TSS
60	V60	F6	pH60	COD60	BOD60	pH60	
70	V70	F7					
80	V80	F8	pH80	COD80	BOD80	pH80	
Backwash membran							
90	V90	F9					
100	V100	F10	pH100	COD100	BOD100	pH100	



**Tabel 3.2** Perlakuan *backwash* membran dengan air PDAM

Menit	Volume permeate	Fluks	pH	Analisis sampel			
				COD	BOD	pH	TSS
10	V10'	F1'					
20	V20'	F2'	pH20'	COD20'	BOD20'	pH20'	
30	V30'	F3'					
40	V40'	F4'	pH40'	COD40'	BOD40'	pH40'	TSS'
<b>Backwash membran</b>							
50	V50'	F5'					
60	V60'	F6'	pH60'	COD60'	BOD60'	pH60'	
70	V70'	F7'					
80	V80'	F8'	pH80'	COD80'	BOD80'	pH80'	
<b>Backwash membran</b>							
90	V90'	F9'					
100	V100'	F10'	pH100'	COD100'	BOD100'	pH100'	

### 3.4.3 Pengujian Sampel

#### 1. Pengujian pH

Sebelum sampel diuji, pH meter harus dikalibrasi terlebih dahulu. Kalibrasi dilakukan dengan cara mencelupkan probe ke dalam 3 jenis larutan buffer yang telah disediakan dan ditekan tombol “cal”. Setelah selesai dikalibrasi, probe dibilas dengan aquades dan dikeringkan dengan tisu. Kemudian probe dimasukkan ke dalam sampel yang akan diukur dan ditekan tombol “pH” dan ditunggu hingga angka yang ditampilkan oleh display berhenti. Setelah itu, probe dibilas lagi dengan aquades dan dikeringkan dengan tisu. Selanjutnya, probe digunakan untuk menguji sampel-sampel yang lain.

## 2. Pengujian DO dan BOD

Setelah sampel diukur pHnya, langkah selanjutnya yaitu melakukan uji BOD dengan alat DO meter. Sebelum mengukur BOD masing-masing sampel, pada *display* harus dipastikan terlebih dahulu untuk satuannya mg/L. Jika belum menunjukkan mg/L, maka ditekan tombol f1 untuk *setting* dan dipilih mode *setting*. Selanjutnya dipilih satuan mg/L dan pilih “next”. Kemudian, masukkan probe ke botol sampel dan ditekan “measure”. Dan ditunggu sampai angka pada display berhenti. Kemudian catat hasil yang tertera pada display DO meter. Selanjutnya, untuk mengukur sampel-sampel yang lain, probe harus dibilas terlebih dahulu dengan aquades dan dikeringkan dengan tisu. Setelah kering probe dimasukkan ke botol sampel dan ditekan “measure” kemudian ditunggu hingga angka pada *display* berhenti. Begitu seterusnya.

Nilai yang telah didapatkan tersebut merupakan nilai DO/*Dissolve Oxygen* pada hari ke-0 atau dapat disebut  $DO_0$ . Setelah semua sampel diukur, langkah selanjutnya yaitu sampel diletakkan ke dalam inkubator untuk diinkubasi selama 5 hari. Setelah diinkubasi selama 5 hari, sampel kemudian diukur kembali menggunakan DO meter dan didapatkan nilai sebagai  $DO_5$ . Untuk mengukur BOD, berikut merupakan rumusnya:

$$BOD = DO_0 - DO_5 \dots (3.1)$$

Keterangan:

BOD = Biological Oxygen Demand (mg/L)

$DO_0$  = *Dissolve Oxygen* pada hari ke-0 (mg/L)

$DO_5$  = *Dissolve Oxygen* pada hari ke-5 (mg/L)

## 3. Pengujian COD

Penentuan *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang diuji di Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang dilakukan dengan metode titrasi. Berikut merupakan langkah-langkah menentukan nilai COD dengan metode titrasi:

- a. Pipet sebanyak 10 mL larutan sampel air, masukkan ke dalam labu erlenmeyer 250 mL yang berisi batu didih
- b. Masukkan 0,2 gram kristal merkuri sulfat ke dalam erlenmeyer yang berisi sampel air
- c. Kemudian masukkan 25 mL larutan  $K_2Cr_2O_7$  0,25 N ke dalam erlenmeyer 250 mL yang sama, lalu tambahkan 20 mL larutan  $H_2SO_4$  pekat
- d. Setelah semua penambahan pereaksi masuk, kemudian panaskan selama  $\pm 2$  jam mendidih
- e. Setelah 2 jam, dinginkan, kemudian ditambah aquades  $\pm 50$  mL, lalu tambahkan sebanyak 3 tetes indikator ferroin
- f. Kemudian titrasi larutan tersebut dengan ferro ammonium sulfat (FAS) 0,25 N sampai terjadi perubahan warna dari hijau sampai tepat berwarna merah
- g. Catat volume FAS yang digunakan dalam titrasi

**Catatan:** dilakukan pemeriksaan terhadap “Blanko”

### Perhitungan

$$\text{Kadar COD} = \frac{1000}{\text{volume sampel}} |A - B| \times N \times 8 \dots (3.2)$$

Keterangan:

COD = *Chemical Oxygen Demand* (mg/L)

A = volume FAS yang digunakan dalam titrasi blanko

B = volume FAS yang digunakan dalam titrasi air

N = normalitas FAS

8 = berat ekivalen oksigen

#### 4. Pengujian TSS

Penentuan nilai *Total Suspended Solids* (TSS) dilakukan di Laboratorium Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu

Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang. Berikut merupakan tahapan pengujian TSS:

- Timbang kertas saring
- Ambil 50 mL sampel air dan saringlah dengan kertas saring yang telah diketahui beratnya
- Keringkan kertas saring yang berisi bahan-bahan tersaring dalam oven pada suhu 100-105 °C selama  $\pm 1$  jam
- Dinginkan dalam desikator selama  $\pm 1$  jam
- Setelah dingin timbang kertas saring tersebut
- Ulangi langkah nomor 3 sampai 5 hingga diperoleh berat konstan

Perhitungan

$$\text{TSS} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{mL sampel}} \dots (3.3)$$

Keterangan:

TSS = Total Suspended Solids (mg/L)

A = Berat kertas saring akhir (mg)

B = Berat kertas saring awal (mg)

## 5. Pengujian Fluks

Pada penelitian ini, nilai fluks diukur setiap 10 menit selama 100 menit. Pengukuran nilai fluks dilakukan pada saat proses filtrasi limbah di Bengkel Inovasi Anak Bangsa. Berikut merupakan rumus untuk menghitung nilai fluks:

$$J = \frac{V}{A \times t} \dots (3.4)$$

Keterangan:

J = Fluks (L/m<sup>2</sup>h)

V = Volume permeat (L)

A = Luas permukaan membran (m<sup>2</sup>)

t = Waktu (h)

**Catatan:** nilai A =  $8,925 \times 10^3$

## 1.5 Pengamatan dan Analisis Data

### 1.5.1 Parameter Pengamatan

Pengamatan dilakukan pada saat filtrasi limbah selama 100 menit masing-masing untuk perlakuan *backwash* dengan air PDAM maupun dengan NaOCl. Dan setiap 20 menit permeate diambil dan dimasukkan ke botol sampel. Jadi, selama 100 menit terdapat 5 botol sampel. Dari kelima botol sampel tersebut akan diukur parameter yang meliputi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dengan cara titrasi, *Biological Oxygen Demand* (BOD<sub>5</sub>) dengan alat DO meter, pH dengan alat pH meter. Kemudian dari data COD dan BOD yang telah didapatkan dihitung persen (%) rejeksinya. Selanjutnya parameter yang diukur yaitu *Total Suspended Solids* (TSS) pada sampel limbah perlakuan *backwash* dengan air PDAM dan dengan NaOCl. Pada pengukuran TSS ini, baik untuk *backwash* dengan air bersih maupun NaOCl masing-masing diambil 1 sampel. Kemudian selama proses filtrasi 100 menit tersebut diukur nilai fluksnya dengan menggunakan data volume permeate yang didapatkan setiap 10 menit.

### 1.5.2 Analisis Data

Analisis data yang didapatkan dari parameter pengamatan, seperti COD, BOD, TSS, pH, dan fluks selanjutnya diolah ke dalam grafik dengan program Minitab dan Ms. Excel untuk mempermudah dalam pembacaan analisa data. Grafik tersebut merupakan grafik hubungan antara nilai parameter dengan waktu pengamatan. Selanjutnya untuk nilai TSS disajikan dalam bentuk grafik, dimana grafik tersebut membandingkan nilai TSS yang didapatkan dari perlakuan *backwash* dengan air PDAM maupun dengan penambahan NaOCl.

## BAB IV PEMBAHASAN

### 3.1 Persiapan dan Perlakuan Sampel

Pada penelitian ini, limbah amonia dibuat dengan mencampurkan 1125 mg glukosa, 53,03 mg  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 325,714 mg urea, dan 1L air (Putri, 2017). Larutan limbah tersebut dibuat sebanyak 2 kali, yaitu 1L limbah sintetis untuk perlakuan *backwash* dengan air PDAM, sedangkan 1L sisanya untuk perlakuan *backwash* dengan menggunakan NaOCl. Setelah itu, larutan tersebut didiamkan selama 3 hari di tempat terbuka. Perlakuan ini dimaksudkan agar larutan tersebut dikontaminasi oleh bakteri yang ada di lingkungan sekitar. Setelah didiamkan 3 hari, larutan tersebut akan menjadi limbah amonia sintetis yang memiliki bau tak sedap serta warna keruh kekuningan. Kemudian untuk melakukan percobaan terhadap dua macam perlakuan yang telah ditentukan, masing-masing dari 1 L limbah amonia tersebut ditambahkan dengan 1 L lumpur aktif. Setelah itu, limbah dan lumpur aktif diaerasi dengan cara mencelupkan batu aerasi dan didiamkan selama 24 jam. Tahap ini disebut dengan tahap aklimatisasi. Aklimatisasi merupakan proses adaptasi yang dilakukan oleh bakteri lumpur aktif dengan lingkungan barunya. Setelah lumpur aktif diaklimatisasi selama 24 jam, kemudian warna suspensi akan berubah menjadi cokelat kehitaman yang menandakan bahwa pertumbuhan bakteri baru telah berhasil (Rizalludin 2016).



**Gambar 4.1** Tahap aklimatisasi limbah cair amonia

Setelah proses aklimatisasi, limbah amonia kemudian dituang ke *Membrane Bioreactor* yang telah disiapkan. Kemudian ditambahkan dengan 4 L air. Penambahan 4 L air ini telah dipertimbangkan pada penelitian pendahuluan yang telah dilakukan sebelumnya. Hal tersebut karena, apabila lumpur aktif berviskositas tinggi akan menyebabkan membran *flat sheet* rentan terhadap *fouling* dan robek. Kemudian aerasi dalam MBR dinyalakan untuk menghomogenkan limbah dengan air yang telah ditambahkan. Setelah itu, pompa dinyalakan, dan proses filtrasi MBR dimulai. Proses filtrasi dilakukan selama 100 menit. Dalam waktu 100 menit tersebut terdapat beberapa perlakuan yang digunakan untuk pengambilan data pada penelitian ini. Pertama, setiap 10 menit diukur volume permeat yang dihasilkan untuk mengetahui laju perubahan fluks selama 100 menit. Kedua, setiap 20 menit sampel limbah diambil untuk diukur pH, COD, dan BOD yang terkandung didalamnya. Ketiga, setiap 40 menit dilakukan *backwashing* baik dengan menggunakan air maupun NAOCl terhadap membran *flat sheet* agar *fouling* selama proses filtrasi dapat berkurang. Terakhir, masing-masing dari dua perlakuan *backwash* diambil sampel sebanyak 1 L untuk diukur nilai TSS yang terkandung.



### 3.2 Pengaruh Penambahan NaOCl pada *Backwash* Membran terhadap Koefisien Rejeksi (%R) COD Limbah Cair Amonia

Pada penelitian ini, terdapat 11 sampel yang diuji kadar COD yang terkandung di dalamnya. Sampel tersebut meliputi, 1 sampel kontrol yang merupakan limbah sebelum disaring, 5 sampel *backwash* dengan NaOCl, dan 5 sampel *backwash* dengan air PDAM. Pengujian COD bertujuan untuk mengetahui jumlah oksigen terlarut yang mereduksi senyawa kimia yang terkandung di dalam air limbah. Semakin rendah konsentrasi COD maka semakin rendah kandungan senyawa kimia yang ada pada suatu limbah cair. Hal tersebut dapat dikatakan bahwa semakin rendah konsentrasi COD semakin baik kualitas air tersebut.

Menurut Putri (2017) salah satu faktor yang mempengaruhi nilai koefisien rejeksi diantaranya yaitu pada interaksi antar muka dengan spesi yang melewatinya, ukuran spesi dan ukuran pori permukaan membran, serta distribusi porositas. Menurut Ciptaraharja dan Praptowidodo (2006) tingginya konsentrasi pada air *feed* akan mempercepat terbentuknya *fouling* pada permukaan membran. Terbentuknya *fouling* pada permukaan membran dapat mengakibatkan meningkatnya nilai koefisien rejeksi dikarenakan pori pada membran semakin sempit, penurunan umur pada membran yang disebabkan oleh peningkatan tegangan pada membran sehingga membran *flatsheet* mudah robek, seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.2** berikut:





**Gambar 4.2** Keadaan membran (a) membran yang mengalami *fouling*, (b) membran yang rusak karena *fouling*

**Gambar 4.2** menunjukkan bahwa membran mengalami *fouling* yang disebabkan oleh lumpur aktif yang menyumbat pori-pori membran pada saat proses filtrasi. Oleh karena itu, diperlukan *backwash* untuk mengatasi *fouling* tersebut. Pada penelitian ini, pemberian *backwash* sangat penting dan berpengaruh baik terhadap kondisi membran yang digunakan maupun permeat atau yang dihasilkan. Hal itu dikarenakan, *backwash* merupakan perlakuan dengan meletakkan selang output kedalam input membran, sehingga *fouling* yang menutupi pori-pori membran dapat terdorong. Berikut merupakan **Tabel 4.1** yang menunjukkan nilai COD beserta koefisien rejeksi (% R) COD yang telah didapatkan dari penelitian ini:

**Tabel 4.1** konsentrasi dan %R COD *backwash* penambahan NaOCl dan air PDAM

Menit ke-	NaOCl		Air PDAM	
	Konsentrasi COD (mg/L)	Koefisien rejeksi COD	Konsentrasi COD (mg/L)	Koefisien rejeksi COD
20	900	69,3%	1200	59,2%
40	840	71,4%	800	72,7%
60	420	85,7%	760	74,4%
80	1340	54,4%	680	76,9%
100	520	82,3%	140	95,2%
COD limbah sebelum filtrasi = 2940 mg/L				

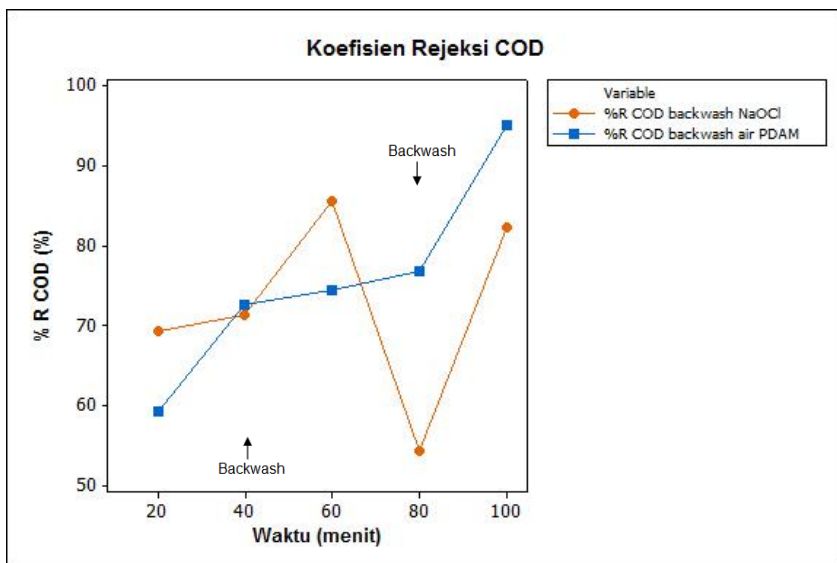
Berdasarkan data pada **Tabel 4.1** diatas, konsentrasi COD untuk limbah amonia sebelum disaring atau COD kontrol sebesar 2940 mg/L. Angka tersebut merupakan konsentrasi COD yang sangat tinggi yang menunjukkan bahwa air limbah amonia tersebut sangat berbahaya. Dari data *backwash* membran *flat sheet* dengan penambahan NaOCl, pada menit ke- 20 diambil sampel dan diukur konsentrasi COD yaitu sebesar 900 mg/L. Kemudian untuk sampel pada menit ke-40 dihasilkan konsentrasi COD yang lebih sedikit, yaitu sebesar 840 mg/L. Setelah menit ke-40, membran kemudian *dibackwash* dengan NaOCl selama 10 menit. Selanjutnya pengambilan sampel dilanjutkan, pada menit ke-60 menunjukkan penurunan terhadap konsentrasi COD yang drastis, yaitu sebesar 420 mg/L. Namun, pada menit ke-80 konsentrasi COD meningkat drastis menjadi 1340 mg/L. Hal tersebut menandakan bahwa membran melewati spesi yang lebih banyak, termasuk zat-zat kimia yang ada di dalam limbah amonia. Setelah menit ke-80 ini, dilakukan *backwashing* membran lagi dengan menggunakan larutan NaOCl selama 10 menit. Kemudian proses filtrasi dilanjutkan kembali. Pada menit ke-100 konsentrasi COD mengalami penurunan menjadi 520 mg/L.

Sementara itu, *backwash* membran dengan menggunakan air PDAM menghasilkan konsentrasi COD yang cenderung mengalami penurunan selama proses filtrasi. Adapun sampel olahan limbah amonia yang diambil pada menit ke-20 memiliki konsentrasi COD sebanyak 1200 mg/L. Kemudian pada menit ke-40 mengalami penurunan konsentrasi COD yaitu menjadi 800 mg/L. Sama halnya dengan perlakuan *backwashing* menggunakan larutan NaOCl, setelah menit ke-40 dilakukan *backwash* untuk membran dengan menggunakan air PDAM. Setelah itu proses filtrasi dilanjutkan lagi, pada menit ke-60 konsentrasi COD mengalami penurunan menjadi 760 mg/L. Pada menit ke-80 menghasilkan konsentrasi COD sebesar 680 mg/L. Setelah pengambilan sampel pada menit ke-80 ini, dilakukan *backwash* membran lagi dengan menggunakan air PDAM selama 10 menit. Kemudian proses pengambilan sampel dilanjutkan kembali. Pada menit ke-100 konsentrasi COD menurun sangat drastis yaitu menjadi 140 mg/L. Dari data

konsentrasi COD yang diperoleh maka dapat dikatakan bahwa *backwash* pada membran dapat memperbaiki struktur membran yang membantu dalam penurunan COD pada limbah.

Konsentrasi COD yang telah diperoleh dari uji laboratorium tersebut kemudian dapat disubstitusikan ke dalam **Persamaan 2.2** untuk mengetahui koefisien rejeksi (%R) COD seperti yang ditunjukkan oleh grafik pada **Gambar 4.3**. Pada grafik koefisien Rejeksi COD dengan *backwash* NaOCl menunjukkan grafik yang fluktuatif. Pada menit ke-20 %R COD sebesar 69,30% dari COD kontrol sebesar 2940 mg/L. Kemudian sampel pada menit ke-40 mengalami sedikit peningkatan %R menjadi 71,40%. Pada menit ke-40 ini dilakukan *backwashing* membran dengan menggunakan larutan NaOCl. Setelah itu dilakukan pengambilan sampel kembali, pada menit ke-60 seperti yang telah digambarkan pada **Gambar 4.3** mengalami peningkatan yang dratis yaitu %R menjadi 85,70%. Hal tersebut menandakan bahwa penambahan NaOCl pada proses *backwash* membran mampu memperbaiki struktur membran dan mengurangi *fouling* pada membran. Menurut Putri (2017) semakin besar nilai koefisien rejeksi maka semakin baik kerja membran. Karena semakin besar nilai koefisien rejeksi menandakan bahwa semakin kecil konsentrasi *permeate* yaitu semakin sedikit suatu senyawa atau zat yang dilewatkan membran. Namun, pada menit ke-80 %R COD menurun sangat drastis yaitu menjadi 54,40%. Menurut Gustian (2006) terjadinya laju difusi yang tinggi menyebabkan interaksi umpan dengan membran lebih cepat yang mengakibatkan koefisien rejeksi menjadi rendah, membran sukar menahan umpan dan ada umpan yang dapat berdifusi melewati membran. Pernyataan tersebut sesuai dengan data fluks fluida yang cukup tinggi pada menit ke-70 seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.5**. Jadi penurunan koefisien rejeksi pada penelitian ini dipengaruhi oleh besarnya fluks yang menyebabkan tingginya kecepatan difusi fluida. Setelah menit ke-80, membran *dibackwash* lagi menggunakan NaOCl selama 10 menit. Selanjutnya pengambilan sampel dilanjutkan kembali. Dan sampel pada menit ke-100 mengalami peningkatan koefisien rejeksi yang cukup tinggi, yaitu menjadi 82,30%. Dengan

penambahan NaOCl dapat memperbaiki struktur membran dan mengurangi *fouling* sehingga dapat meningkatkan koefisien rejeksi COD. Namun, apabila fluks fluida tinggi maka akan menyebabkan kecepatan difusi tinggi dan berakibat pada rendahnya koefisien rejeksi COD seperti pada penelitian ini.



**Gambar 4.3** Nilai koefisien rejeksi (% R) COD *backwash* membran dengan NaOCl dan air PDAM

Dibandingkan dengan penambahan NaOCl, *backwash* dengan menggunakan air PDAM memiliki grafik yang cenderung meningkat seperti pada **Gambar 4.3**. Sampel pada menit ke-20 hingga menit ke-80 dengan *backwash* pada menit ke-40 memiliki peningkatan yang tidak terlalu signifikan. Adapun %R sampel limbah pada menit ke-20 hingga menit ke-80 berturut-turut 59,20%; 72,70%; 74,40%; dan 76,90%. Namun pada menit ke-100 sampel limbah amonia menghasilkan %R yang meningkat secara signifikan yaitu menjadi 95,20%. Hal tersebut dikarenakan fluks pada menit ke-100 rendah dikarenakan banyaknya *fouling* yang menghambat pori-pori membran.

Terdapat faktor dapat mempengaruhi nilai dari %R COD yang dihasilkan, selain adanya *fouling* pada membran, %R COD juga dipengaruhi oleh kecepatan difusi fluida atau *feed*. Banyaknya *fouling* yang menempel pada permukaan membran akan menurunkan kecepatan difusi fluida yang mengakibatkan %R COD akan tinggi. Namun, *fouling* yang terlalu banyak akan mengakibatkan membran mudah rusak dan robek. Berdasarkan data COD yang telah diperoleh dari penelitian ini, *backwash* membran menggunakan NaOCl memiliki kelebihan daripada *backwash* dengan air PDAM. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan meningkatnya %R yang signifikan pada menit ke-60. Namun dikarenakan faktor nilai fluks yang cukup tinggi pada menit ke-70 menyebabkan %R menurun. Seperti yang telah dijelaskan pada penelitian Putri (2017) yang menyatakan bahwa nilai fluks dan koefisien rejeksi saling bertolak belakang. Apabila fluks fluida tinggi maka koefisien rejeksinya rendah, dan begitu sebaliknya.

### 3.3 Pengaruh *Backwash* Membran dengan Penambahan NaOCl terhadap Konsentrasi DO dan BOD

*Dissolve Oxygen* (DO) sangat erat kaitannya dengan *Biological Oxygen Demand* (BOD). Nilai DO berbanding terbalik dengan BOD. Apabila kandungan oksigen di dalam air tinggi maka DO air tersebut tinggi sementara BOD air tersebut rendah. Hal tersebut mengindikasikan bahwa kualitas air tersebut bagus. Menurut Effendy (2003), fluktuasi harian oksigen dapat mempengaruhi parameter kimia yang lain, terutama pada kondisi oksigen rendah, yang mengakibatkan perubahan sifat kelarutan beberapa unsur kimia di perairan. Kadar oksigen pada lapisan eufotik lebih tinggi; semakin ke bawah (pada lapisan kompensasi dan pofundal) semakin berkurang. Yang artinya DO pada lapisan permukaan perairan lebih tinggi konsentrasinya jika dibandingkan dengan DO pada dasar perairan. Keberadaan DO selain merupakan salah satu parameter untuk kualitas air, juga dapat membantu menghomogenkan limbah dan membantu proses degradasi limbah atau zat kimia pada perairan. Pada penelitian yang telah dilakukan, diukur DO pada 11 sampel

mulai dari menit ke-20 hingga menit ke-100 untuk *backwash* membran dengan menggunakan NaOCl dan air PDAM serta DO limbah kontrol yang belum disaring. Dan nilai DO ini diukur pada hari ke-0 dan hari ke-5 setelah filtrasi. Setelah didapatkan nilai DO pada hari ke-0 ( $DO_0$ ) dan DO pada hari ke-5 ( $DO_5$ ) maka dapat ditentukan pula nilai dari BOD masing-masing sampel. Berikut merupakan **Tabel 4.2** yang menyajikan nilai DO dan BOD pada masing-masing sampel:

**Tabel 4.2** Konsentrasi DO dan BOD pada sampel limbah dengan *backwash* NaOCl dan air PDAM

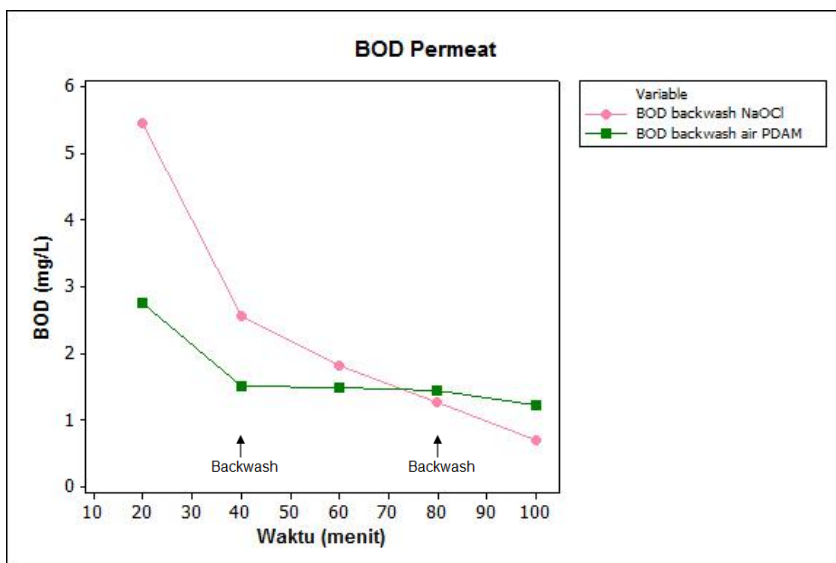
Menit ke-	NaOCl			Air PDAM		
	$DO_0$ (mg/L)	$DO_5$ (mg/L)	BOD (mg/L)	$DO_0$ (mg/L)	$DO_5$ (mg/L)	BOD (mg/L)
20	7,16	1,70	5,46	6,11	3,36	2,75
40	6,05	3,50	2,55	6,15	4,64	1,51
60	5,15	3,34	1,81	5,20	3,72	1,48
80	6,16	4,90	1,26	5,46	4,02	1,44
100	5,17	4,48	0,69	5,40	4,18	1,22
<b>Kontrol</b>	$DO_0 = 6,87\text{mg/L}$ $DO_5 = 0,16\text{ mg/L}$ $BOD = 6,71\text{ mg/L}$					

**Tabel 4.2** di atas merupakan tabel hasil pengujian DO dan BOD pada sampel limbah dengan *backwash* membran menggunakan NaOCl dan air PDAM. Pada tabel di atas, baik perlakuan *backwash* membran dengan menggunakan NaOCl maupun air PDAM memiliki konsentrasi  $DO_0$  yang lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi  $DO_5$ . Hal itu karena setelah filtrasi dan diukur untuk mengetahui konsentrasi dari  $DO_0$ , sampel limbah tersebut diinkubasi selama 5 hari untuk mendapatkan nilai dari  $DO_5$ . Pada saat diinkubasi, botol sampel ditutup rapat dan dimasukkan ke dalam inkubator sehingga oksigen di dalamnya berkurang. Oleh karena itu, nilai DO pada hari ke-5 berkurang drastis.



Penentuan konsentrasi BOD lima hari ini diuraikan dalam APHA (1989), Umay dan Cuvin, (1998) yang menyebutkan bahwa karena mikroorganisme (bakteri) sebagai pengurai bahan organik, maka analisis BOD memang memerlukan waktu yang lama. Oksidasi biokimia dilakukan dalam waktu yang tidak singkat. Dalam waktu 20 hari, oksidasi bahan organik karbon mencapai 95-99%, dan dalam waktu 5 hari sekitar 60-70% bahan organik telah terdekomposisi (Meltcalf & Eddy, 1991). Dan menurut Atima (2014) lima hari inkubasi merupakan kesepakatan umum dalam penentuan BOD. Oleh karena itu, pada penelitian ini dalam menentukan konsentrasi BOD membutuhkan waktu selama lima hari.

Berdasarkan **Tabel 4.2** dapat diamati bahwa BOD yang paling tinggi yaitu BOD kontrol atau limbah amonia tanpa diberi perlakuan. BOD limbah amonia yang tidak diolah dengan sistem MBR sebesar 6,71 mg/L dengan DO yang awalnya sebesar 6,87 mg/L setelah lima hari turun sangat drastis menjadi 0,16 mg/L. Turunnya konsentrasi DO yang drastis ini menunjukkan bahwa sampel kontrol ini berbahaya dan memiliki banyak zat pencemar. Kemudian, untuk sampel yang disaring dengan sistem MBR dengan perlakuan *backwash* membran baik dengan penambahan NaOCl maupun dengan air PDAM konsentrasi BOD pada proses filtrasi dan pemberian aerasi selama 100 menit cenderung menurun. Berikut merupakan **Gambar 4.4** yang merupakan grafik perbedaan BOD permeat antara perlakuan *backwash* membran dengan penambahan NaOCl dan air PDAM:



**Gambar 4.4** Grafik konsentrasi BOD perlakuan *backwash* membran dengan NaOCl dan air PDAM

Apabila diamati dari **Gambar 4.4** diatas, terlihat bahwa terjadi penurunan konsentrasi BOD secara drastis pada perlakuan penambahan NaOCl untuk *backwash* membran dibandingkan dengan perlakuan *backwash* membran dengan menggunakan air PDAM. Adapun penurunan konsentrasi BOD ini dipengaruhi oleh lamanya waktu aerasi yang diberikan. Semakin lama waktu aerasi yang diberikan, maka semakin menurun konsentrasi BOD limbah amonia tersebut. Seperti halnya menurut Arsawan (2007) yang menyatakan bahwa hubungan antara waktu aerasi dengan nilai BOD adalah korelasi negatif, artinya penambahan waktu aerasi mengakibatkan penurunan nilai BOD, indeks pengaruhnya adalah sebesar 0,85 atau 85%. Jadi pengaruh waktu areasi terhadap penurunan nilai BOD adalah sebesar 85% dan sisanya 15% dipengaruhi oleh faktor lain. Pengaruh ini dapat dikatakan sangat kuat yang diakibatkan oleh semakin banyaknya suplay udara ke air limbah berarti populasi organisme pengurai yang ada di air limbah cukup akan  $O_2$  dan akan meningkatnya laju penguraian yang



diakibatkan oleh bertumbuhnya populasi organisme dengan baik. Pada penelitian ini, faktor lain yang mempengaruhi penurunan BOD yaitu kinerja membran. Kinerja membran pada perlakuan *backwash* membran dengan penambahan NaOCl lebih baik daripada *backwash* dengan air PDAM. Hal itu terbukti dengan penurunan BOD yang drastis.

### 3.4 Konsentrasi *Total Suspended Solids* (TSS)

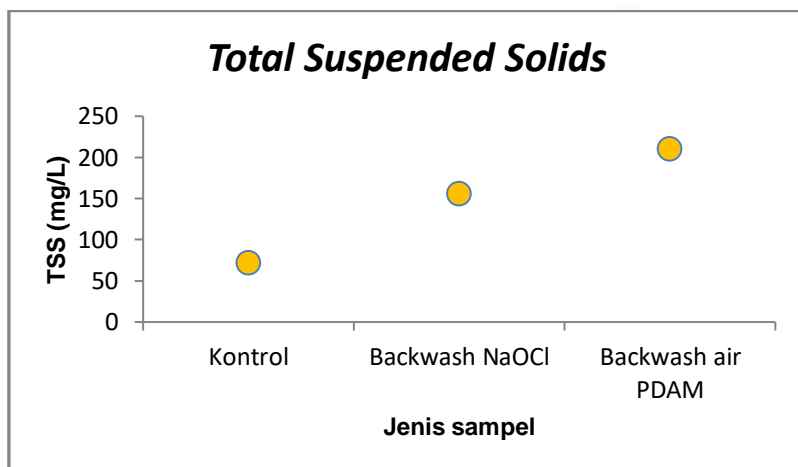
*Total Suspended Solids* (TSS) merupakan kandungan zat terlarut yang terdapat pada zat cair. Kinerja membran dapat dilihat dari konsentrasi TSS permeat yang difiltrasi oleh membran tersebut. Semakin kecil nilai TSS suatu sampel limbah, semakin tinggi nilai permeselektifitas suatu membran, maka semakin baik kinerja membran tersebut. Pada penelitian ini, terdapat tiga sampel yang akan dianalisis konsentrasi dari TSS. Sampel kontrol yaitu sampel limbah amonia tanpa mengalami pengolahan, sampel I yaitu sampel limbah yang difiltrasi dengan MBR dan diberi perlakuan *backwash* membran dengan air PDAM, dan sampel II yaitu sampel limbah yang difiltrasi dengan MBR dan diberi perlakuan *backwash* dengan penambahan NaOCl (**Lampiran 3**). Berikut merupakan **Tabel 4.3** yang menyajikan perbedaan konsentrasi TSS pada masing-masing sampel:

**Tabel 4.3** Konsentrasi *Total Suspended Solids* (TSS)

Jenis Sampel	Massa endapan (mg)	Volume sampel (mL)	TSS (mg/L)
Kontrol	36	500	72
Perlakuan <i>backwash</i> NaOCl	78	500	156
Perlakuan <i>backwash</i> air PDAM	105,2	500	210,4

Berdasarkan **Tabel 4.3** yang memaparkan data konsentrasi TSS pada setiap perlakuan sampel, endapan yang paling banyak yaitu pada sampel permeat dengan perlakuan *backwash* membran dengan air PDAM yaitu sebanyak 105,2

mg. Kemudian dibandingkan dengan massa endapan tersebut, *backwash* dengan penambahan NaOCl memiliki massa endapan yang lebih rendah, yaitu sebesar 78 mg. Dari data tersebut membuktikan bahwa kinerja membran pada perlakuan *backwash* dengan penambahan NaOCl lebih efektif dibandingkan dengan *backwash* air PDAM. Pada penelitian ini, limbah kontrol yang tanpa mengalami proses pengolahan, memiliki kandungan massa endapan paling rendah, yaitu 36 mg. Hal itu dikarenakan limbah kontrol ini belum tercampur dengan lumpur aktif sehingga suspensinya lebih sedikit jika dibandingkan dengan TSS permeat yang telah diolah dengan lumpur aktif. Berikut merupakan **Gambar 4.5** yang merupakan grafik perbandingan konsentrasi TSS pada masing-masing sampel TSS:



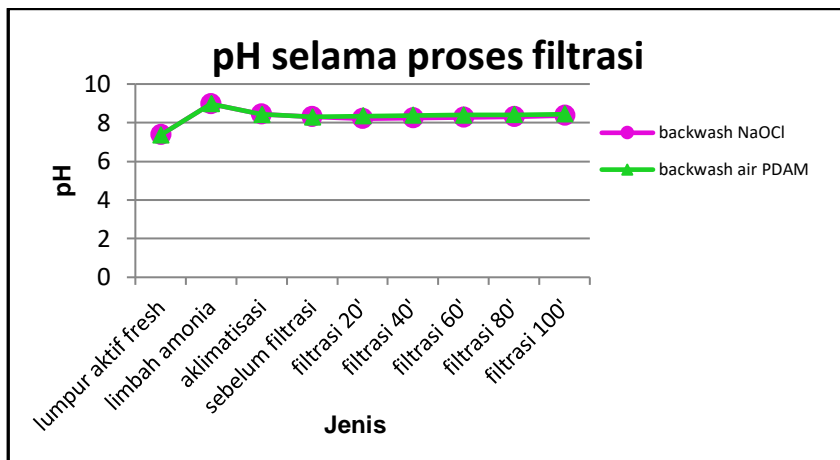
**Gambar 4.5** Perbandingan konsentrasi TSS kontrol, *backwash* NaOCl, dan *backwash* air PDAM

Berdasarkan **Gambar 4.5** terlihat bahwa sampel permeat *backwash* membran dengan air PDAM memiliki nilai TSS yang lebih tinggi, yaitu 210,4 mg/L dibandingkan dengan konsentrasi TSS sampel permeat *backwash* membran dengan penambahan NaOCl, yaitu sebesar 156 mg/L. Menurut Putri (2017) larutan NaOCl lebih efektif untuk membersihkan *fouling* yang menempel

pada permukaan membran yang disebabkan oleh lumpur aktif. Sehingga pada penelitian ini, konsentrasi TSS pada perlakuan *backwash* dengan penambahan NaOCl lebih rendah dibandingkan dengan *backwash* membran dengan air PDAM. Namun, terlihat pada grafik diatas, limbah kontrol yang tanpa diberi perlakuan memiliki konsentrasi TSS paling rendah, yaitu 72 mg/L. Jika diamati dari **Lampiran 2** mengenai sampel pengukuran TSS, limbah kontrol memiliki warna yang paling keruh. Hal itu dikarenakan padatan terlarut yang ada pada limbah kontrol tersebut lebih banyak dibandingkan dengan jumlah padatan tersuspensi.

### 3.5 Kadar pH pada Proses Filtrasi Limbah Cair Amonia

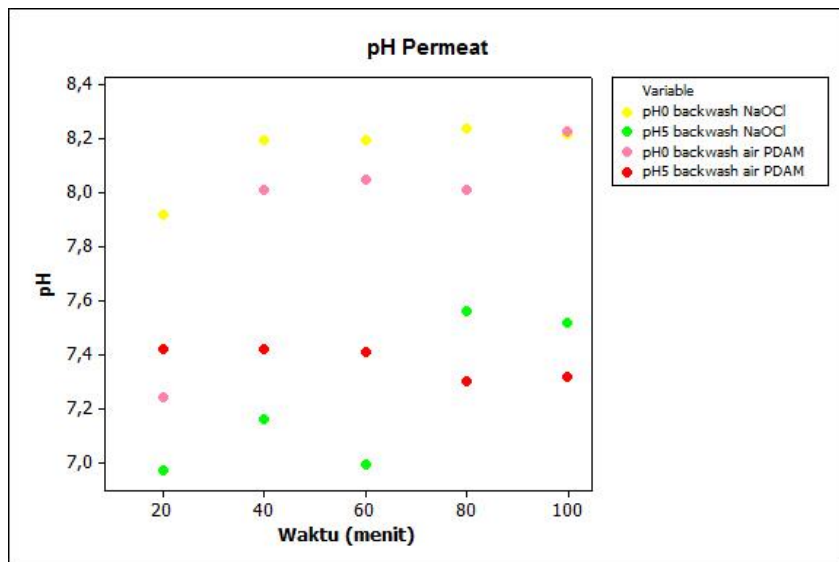
pH merupakan salah satu parameter yang menentukan kualitas dari air. Air yang kualitasnya baik memiliki pH yang cenderung netral. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air, menjelaskan bahwa baku mutu untuk pH air berada pada rentangan pH 6-9. Pada penelitian ini, limbah amonia yang bersifat basa dengan pH kontrol 8,97 akan difiltrasi dengan lumpur aktif yang memiliki pH yang cenderung netral. Hal itu dikarenakan lumpur aktif mengandung mikroorganisme yang mampu hidup pada pH netral Adapun pH dari lumpur aktif yang diperoleh dari PT Amerta Indah Otsuka yaitu 7,36. Berikut merupakan **Gambar 4.6** yang menyajikan grafik perbandingan nilai pH selama proses persiapan limbah hingga proses filtrasi limbah amonia:



**Gambar 4.6** Grafik pH mulai dari persiapan limbah hingga proses filtrasi

**Gambar 4.6** merupakan perbandingan nilai pH antara perlakuan *backwash* membran dengan penambahan NaOCl dan air PDAM. Awalnya, lumpur aktif yang memiliki pH 7,36 pada proses aklimatisasi dicampurkan dengan limbah amonia yang bersifat basa dengan pH 8,97. Setelah dicampurkan, pH diukur kembali sehingga pH saat proses aklimatisasi lebih rendah jika dibandingkan dengan pH limbah amonia semula. Kemudian, setelah proses aklimatisasi 24 jam, pH diukur kembali dan dihasilkan nilai pH sebelum filtrasi yaitu 8,30. Kemudian, limbah yang telah diaklimatisasi dibagi menjadi 2, 1L untuk diberi perlakuan *backwash* membran dengan penambahan NaOCl dan 1L untuk *backwash* dengan air PDAM. Terlihat pada **Gambar 4.6** bahwa pH selama proses filtrasi tidak mengalami perubahan yang signifikan namun cenderung meningkat, baik pada perlakuan *backwash* membran dengan penambahan NaOCl maupun *backwash* dengan air PDAM. Akan tetapi, meningkatnya nilai pH tersebut masih dibawah 9 yang merupakan batas baku mutu air. Menurut Romayanto (2006) peningkatan kadar pH dapat terjadi karena proses peruraian bahan organik yang terkandung dalam limbah oleh bakteri menghasilkan gas karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ), air dan amonia ( $\text{NH}_3$ )

akan tetapi kenaikan pH limbah masih dapat dikendalikan oleh aktivitas bakteri.



**Gambar 4.7** Grafik perbandingan pH permeat yang diukur pada hari ke-0 dan hari ke-5

Permeat yang telah didapatkan dari proses filtrasi, kemudian diukur pHnya pada hari ke-0 dan ke-5 bersamaan dengan pengukuran BOD. **Gambar 4.7** merupakan grafik yang menunjukkan nilai pH permeat pada menit ke-20, 40, 60, 80, dan 100 saat pengambilan sampel permeat. Sampel permeat yang dihasilkan dari perlakuan *backwash* membran dengan penambahan NaOCl pada hari ke-0 cenderung mengalami peningkatan pH pada menit ke-20 hingga menit ke-80. Namun, pada menit ke-100 mengalami penurunan pH. Kemudian, setelah diinkubasi selama 5 hari, pH permeat dari perlakuan *backwash* dengan penambahan NaOCl ini mengalami penurunan jika dibandingkan dengan pH pada hari ke-0. Penurunan pH terjadi pada saat pengolahan air limbah domestik baik aerobik maupun anaerobik yang menghasilkan asam-asam seperti  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  (proses aerobik) maupun  $\text{H}_2\text{S}$

(proses anaerobik), namun dikarenakan adanya senyawa yang bersifat basa menjadikan air limbah tersebut masih mendekati netral, karena disisi lain bakteri-bakteri aerobik yang ada di lumpur aktif yang berperan dalam proses degradasi menghasilkan asam organik (Romayanto, 2006).

Sama halnya dengan pH permeat pada perlakuan *backwash* membran dengan penambahan NaOCl, permeat yang dihasilkan dari menit ke-20 hingga menit ke-100 pada perlakuan *backwash* dengan air PDAM pada hari ke-0 memiliki pH yang cenderung meningkat walaupun tidak meningkat secara drastis. Hal itu dikarenakan pada masing-masing sampel permeat tersebut, semakin bertambahnya waktu filtrasi maka semakin banyak bakteri-bakteri menghasilkan gas karbondioksia, air, dan amonia. Kemudian, sampel permeat ini diinkubasi selama 5 hari. Setelah itu, sampel permeat dengan perlakuan *backwash* dengan air PDAM ini diukur pHnya. Dan didapatkan hasil bahwa pH sampel permeat cenderung lebih rendah jika dibandingkan dengan pengukuran pada hari ke-0. Hal itu dikarenakan, pada saat proses inkubasi bakteri yang ada pada masing-masing sampel permeat menghasilkan asam organik. Namun, penurunan pH tersebut masih mendekati pH netral dikarenakan bakteri aerobik tersebut menyukai kondisi netral.

Apabila diamati dari **Gambar 4.7** diatas, terlihat bahwa baik grafik perlakuan dengan penambahan NaOCl maupun dengan air PDAM bersifat fluktuatif. Hal itu dikarenakan pada penelitian ini tidak ada perlakuan kontrol terhadap pH. Hanya aktivitas dan mikroorganisme yang mengontrol dan merubah kadar pH permeat. Lumpur aktif yang berperan untuk mendegradasi limbah mengandung bakteri aerobik. Senyawa yang dihasilkan oleh bakteri aerobik ini sangat berpengaruh terhadap nilai pH limbah yang didegradasi. Seperti halnya, pH permeat yang dihasilkan dari penelitian ini mengalami peningkatan dan penurunan juga ada kaitannya dengan aktivitas mikroorganisme. Menurut Sunu (2001) organisme yang merombak bahan organik akan menyesuaikan diri pada kisaran pH 6,5-8,3. *Ewies, et.al.* (1998) mengatakan bahwa pertumbuhan hampir semua mikroorganisme sangat tinggi pada

repository.ub.ac.id

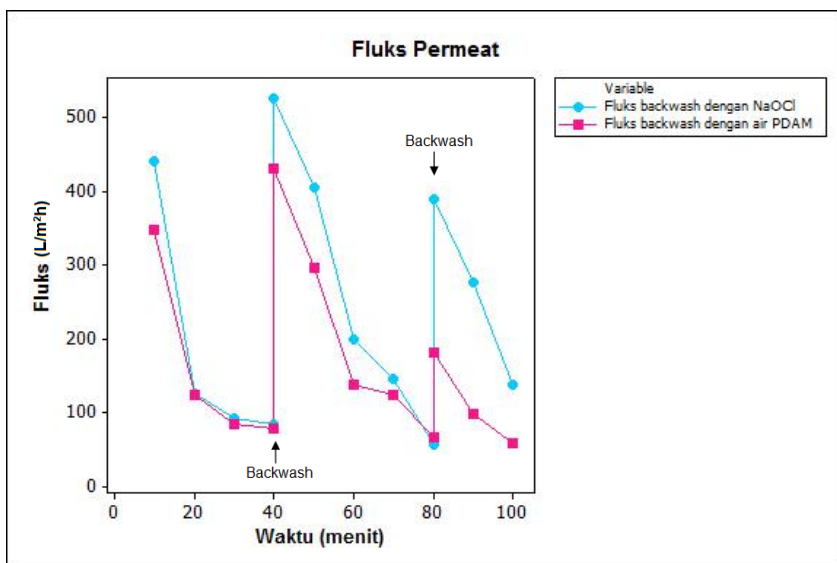
pH antara 6-8 dan hampir semua bakteri menyukai kondisi netral. Karena kondisi asam yang kuat atau alkali dapat menghambat aktivitas mikroorganisme.

### 3.6 Perbandingan Fluks pada Perlakuan *Backwash* Membran dengan Penambahan NaOCl dan dengan Air PDAM

Filtrasi dengan membran akan didapatkan hasil permeat yang digunakan sebagai penentuan karakterisasi membran yang khususnya permeabilitas membran. Permeabilitas suatu membran merupakan ukuran kecepatan dari suatu spesi atau konstituen menembus membran (Putri, 2017). Permeabilitas suatu membran merupakan salah satu parameter yang penting dalam menentukan kualitas dari suatu membran yang digunakan untuk proses filtrasi. Permeabilitas membran sering dinyatakan sebagai nilai fluks atau koefisien permeabilitas membran.

Fluks merupakan jumlah volume permeat (hasil pemisahan) yang melewati satu satuan membran dalam satuan waktu tertentu. Pada penelitian ini, faktor utama yang mempengaruhi nilai fluks adalah adanya *fouling* yang disebabkan oleh tersumbatnya pori membran oleh lumpur aktif. *Fouling* ini dapat menyebabkan penurunan nilai fluks permeat dan perubahan selektifitas membran. Oleh karena itu, perlakuan *backwash* membran pada penelitian ini sangat diperlukan untuk memperbaiki kinerja membran, salah satunya yaitu fluks. Seperti yang dijelaskan pada **Lampiran 3** yang merupakan tabel perubahan nilai fluks yang terjadi selama proses filtrasi limbah dan dengan perlakuan *backwash* membran baik dengan menggunakan NaOCl maupun dengan air PDAM yang dilakukan pada menit ke-40 dan menit ke-80. Berikut merupakan **Gambar 4.8** yang menjelaskan tentang perbandingan perubahan fluks selama proses dengan perlakuan *backwash* NaOCl dan air PDAM:





**Gambar 4.8** Perbandingan nilai fluks pada *backwash* membran dengan NaOCl dan air PDAM

Grafik perbandingan fluks antara membran yang *dibackwash* dengan NaOCl dan air PDAM seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 4.8** diatas sangat jelas menunjukkan bahwa *backwash* dengan penambahan NaOCl lebih efektif mengurangi *fouling* dan memperbaiki nilai fluks permeat. Pada penelitian ini, *backwash* membran dilakukan setelah menit ke-40 dan menit ke-80. Terlihat pada **Gambar 4.8** bahwa fluks pada menit ke-10 sampai menit ke-40 mengalami penurunan. Penurunan nilai fluks tersebut dikarenakan adanya *fouling* yang menempel pada permukaan membran dan menghambat pori-pori membran. Hal tersebut juga sesuai dengan pernyataan Setyawan (2012) yang menyatakan bahwa semakin bertambahnya waktu maka nilai fluks semakin mengalami penurunan yang disebabkan oleh keberadaan *fouling* membran. Namun, setelah dilakukan *backwash* pada menit ke-40 nilai fluks kembali mengalami peningkatan yang drastis. Dibandingkan dengan *backwash* air PDAM, *backwash* dengan penambahan NaOCl memiliki nilai fluks yang lebih tinggi pada

menit ke-50. Adapun nilai fluks pada *backwash* dengan penambahan NaOCl yaitu sebesar 405,378 L/m<sup>2</sup>h sedangkan nilai fluks pada *backwash* dengan air PDAM hanya 295,126 L/m<sup>2</sup>h.

Setelah mengalami peningkatan nilai fluks pada menit ke-50, namun pada menit ke-60 hingga menit ke-80 fluks kembali mengalami penurunan yang drastis diakibatkan oleh adanya *fouling* lumpur aktif. Oleh karena itu, pada menit ke-80 dilakukan *backwash* kembali. Setelah dilakukan *backwash* pada membran, terlihat pada grafik diatas, bahwa penambahan NaOCl lebih efektif meningkatkan nilai fluks serta memperbaiki kinerja membran dibandingkan dengan *backwash* air PDAM. Pada menit ke-90 fluks yang dihasilkan yaitu 276,302 L/m<sup>2</sup>h. Sedangkan pada *backwash* dengan air PDAM tidak mengalami peningkatan yang drastis, fluks pada menit ke-90 hanya mencapai 98,151 L/m<sup>2</sup>h.

Pada penelitian ini, penurunan fluks selama proses filtrasi disebabkan oleh adanya *fouling* berupa menempelnya lumpur aktif pada permukaan membran sehingga menghambat pori-pori membran. Masalah serius yang sering ditemui dalam proses ultrafiltrasi adalah kecenderungan terjadinya penurunan fluks sepanjang waktu pengoperasian akibat pengendapan atau pelekatan material di permukaan membran (Rautenbach, 1989). *Fouling* pada membran dapat didefinisikan sebagai deposisi (*ir*)*reversible* daripada partikel, koloid, emulsi, suspensi, makromolekul, garam, dan sebagainya yang tertahan pada permukaan, atau di dalam membran (Mulder, 1996). Pada penelitian ini, *backwash* membran dengan menggunakan NaOCl terbukti mampu mengurangi *fouling* lebih banyak dibandingkan dengan *backwash* air PDAM. Selain itu, penambahan NaOCl untuk *backwash* membran dapat memperpanjang umur membran.

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah didapatkan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Penambahan natrium hipoklorit (NaOCl) berpengaruh terhadap koefisien rejeksi (%R) COD permeat yang dihasilkan. Dengan penambahan NaOCl, maka dapat meningkatkan %R secara drastis jika dibandingkan dengan perlakuan *backwash* dengan air PDAM. Namun, %R COD juga dipengaruhi oleh laju difusi *feed* yang artinya semakin tinggi fluks maka semakin tinggi pula laju difusi dan menyebabkan turunnya %R COD.
2. Penambahan NaOCl berpengaruh terhadap penurunan BOD permeat. Hal itu dikarenakan, dengan penambahan NaOCl dapat memperbaiki struktur membran serta menghilangkan *fouling* lebih efektif jika dibandingkan dengan *backwash* dengan air PDAM. Sehingga penurunan konsentrasi BOD dengan perlakuan *backwash* dengan penambahan NaOCl lebih tinggi jika dibandingkan dengan *backwash* air PDAM.
3. *Backwash* membran dengan NaOCl dapat menghasilkan nilai fluks yang tinggi jika dibandingkan dengan *backwash* membran dengan air PDAM. Hal itu dikarenakan NaOCl memiliki sifat efektif sebagai pembersih.
4. Nilai pH baik pada perlakuan *backwash* membran dengan penambahan NaOCl maupun air PDAM bersifat fluktuatif. Hal itu dikarenakan pada penelitian ini tidak melakukan kontrol pH. pH hanya dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme. Dalam hal ini, mikroorganisme

cenderung menghasilkan zat organik yang membuat pH sampel permeat semakin bertambahnya waktu pada proses inkubasi maka pH semakin turun. Namun, mikroorganisme mampu mengontrol pH pada kisaran mendekati netral karena bakteri aerobik lebih menyukai pH netral.

5. Konsentrasi TSS sampel limbah amonia sebelum disaring rendah namun secara visual paling keruh. Hal itu dikarenakan padatan terlarut lebih tinggi dibandingkan padatan tersuspensi. Untuk sampel limbah dengan perlakuan *backwash* membran dengan penambahan NaOCl memiliki TSS yang lebih rendah dibandingkan dengan *backwash* air PDAM.

## 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah:

1. Perlu dilakukan penambahan waktu filtrasi untuk memperoleh data yang lebih valid terkait kinerja membran
2. Perlu dilakukan studi lebih lanjut terkait dengan pengujian terhadap kandungan permeat yang dihasilkan dari proses filtrasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhsanti, Ratu Yulia, Retno Ariadi Lusiana, dan Khabibi. **Pemanfaatan Karbon Aktif Serbuk Gergaji Kayu Jati untuk Menurunkan Chemical Oxygen Demand (COD) Limbah Cair Industri Tekstil.** Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi 13(2): 66-70
- Amani, Fauzi dan Kiki Prawiroredjo. 2016. **Alat Ukur Kualitas Air Minum dengan Parameter pH, Suhu, Tingkat Kekeruhan, dan Jumlah Padatan yang Terlarut.** JETri 14(1): 49-62
- American Water Works Association. 2005. **Microfiltration and Ultrafiltration for Drinking Water.** Glacier Publishing Service, Inc. USA. p. 20-22
- Apha. 1989. **Standard Methods for the Examination of the Waters and Wastewater. 17<sup>th</sup> Ed.** American Public Health Association. Washington. p. 16-17
- Aprilia, Sri dan Amri Amin. 2011. **Sintesis dan Karakterisasi Membran untuk Proses Ultrafiltrasi.** Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan 8(2): 84-88
- Arief, Latar Muhammad. 2016. **Pengolahan Limbah Industri Dasar-dasar Pengetahuan dan Aplikasi di Tempat Kerja.** CV Andi Offset. Yogyakarta. Hal. 25-26
- Arnal JM, Garca –Fayos B, Sancho M. 2011. **Membrane Cleaning, Expanding Issues in Desalination, Prof. Robert Y. Ning (Ed.).** 2011. ISBN: 978-953-307-624-9
- Arsawan, Made, I Wayan Budiarsa Suyasa, dan Wayan Suarna. 2007. **Pemanfaatan Metode Aerasi dalam Pengolahan Limbah Berminyak.** Ecotrophic 2(2): 1-9
- Atima, WA. 2014. **BOD dan COD sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah.** Jurnal Biology Science & Education 3(2): 83-98
- Azmi, Zulfian, Saniman, dan Ishak. 2016. **Sistem Penghitug pH pada Tambak Ikan berbasis Mikrokontroller.** Jurnal Ilmiah Saintikom 15(2): 101-108
- Bilad, Muhammad Roil. 2017. **Membrane Bioreactor for Domestic Wastewater Treatment: Principles,**

**Challenges and Future Research Directions.**  
Indonesian Journal of Sciences and Technology 2(1): 97-123

- Chandra, Budiman. 2005. **Pengantar Kesehatan Lingkungan**. Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta. Hal. 148
- Effendi, Hefni. 2012. **Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan**. Kanisius. Yogyakarta. Hal. 76-77
- Ewies, J. B., Sarina J. E, Daniel P. Y. C., dan Edward D. S. 1998. **Bioremediation Principles**. McGraw-Hill Companies, Inc. United States. p. 18-21
- Franklin Book Program Inc. 2012. **Ensiklopedi Umum**. Kanisius. Yogyakarta. Hal. 51-52
- Gopalan, R, Amirtha Anand, dan R. Wilfred Sugumar. 2008. **A Laboratory for Environmental Chemistry**. I.K International Publishing House Pvt.Ltd. New Delhi. p. 26-27
- Gustian, Irfan. 2006. **Karakterisasi Kinerja dari Beberapa Membran Datar**. Jurnal Gradien 2(2): 187-191
- Harahap, Sampe. 2013. **Pencemaran Perairan Akibat Kadar Amoniak yang Tinggi dari Limbah Cair Industri Tempe**. Jurnal Akuatika 4(2): 183-194
- Harmayani, Kadek Diana dan I G. M. Konsukartha. 2007. **Pencemaran Air Tanah Akibat Pembuangan Limbah Domestik di Lingkungan Kumuh**. Jurnal Permukiman Natak 5(2): 62-108
- Hidayat, Nur. 2016. **Bioproses Limbah Cair**. CV ANDI OFFSET. Yogyakarta. Hal. 1-7
- Hoinkis, Jan, dkk. 2012. **Membrane Bioreactor (MBR) Technology – a Promising Approach for Industrial Water Reuse**. Procedia Engineering 33: 234-241
- Jayanti Retno Dwi. 2016. **Fouling dan Cleaning Membran Reverse Osmosis Tekanan Rendah untuk Aplikasi Daur Ulang Air Limbah Domestik**. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia “Kejuangan”. ISSN 1693-4393
- Jenie, Betty Sri Laksmi dan Winiati Pudji Rahayu. 2007. **Penanganan Limbah Industri Pangan**. Kanisius. Yogyakarta. Hal. 48-51

- Judd, Simon. 2006. **The MBR book: Principles and Applications of Membrane Bioreactors in Water and Wastewater Treatment**. Elsevier. Amsterdam. p. 189-190
- Komala, Puti Sri, dkk. 2015. **Karakteristik Produk Biomassa Seluler dalam Bioreaktor Membran pada Biodegradasi Zat Warna Azo Remazol Black 5**. Reaktor 15(3): 139-147
- Metcalf dan Eddy, Inc. 1991. **Wastewater Engineering: Treatment, disposal, reuse. 3<sup>rd</sup> Ed**. New York: McGraw Hill, Inc.
- Mukaromah, Ana Hidayati; Muh. Amin; dan Sri Darmawati. 2010. **Penggunaan Self Cleaning Fotokatalis TiO<sub>2</sub> dalam Mendegradasi Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) Berdasarkan Lama Waktu Penyinaran**. Jurnal Kesehatan 3(1): 33-42
- Mulder, M. 1996. **Basic Principle of Membrane Technology. 2<sup>nd</sup> edition**. Netherlands: Kluwer Academic Publisher
- Nuridin, M, dkk. 2009. **Pengembangan Metode Baru Penentuan Chemical Oxygen Demand (COD) berbasis Sel Fotoelektrokimia: Karakterisasi Elektroda Kerja Lapis Tipis TiO<sub>2</sub>/ITO**. MAKARA, SAINS 13(1): 1-8
- Palanna, O.G. 2009. **Engineering Chemistry**. New Delhi: Tata McGraw Hill Education Pvt. Ltd.
- Paramita P, Maya Shovitri, dan N D Kuswytasari. 2012. **Biodegradasi Limbah Organik Pasar dengan Menggunakan Mikroorganisme Alami Tangki Septik**. JURNAL SAINS DAN SENI ITS vol 1. ISSN: 2301-928X
- Puspitasari, Dinarjati Eka. 2009. **Dampak Pencemaran Air terhadap Kesehatan Lingkungan dalam Perspektif Hukum Lingkungan (Studi Kasus Sungai Code di Kelurahan Wirogunan Kecamatan Mergangsan dan Kelurahan prawirodirjan Kecamatan Gondomanan Yogyakarta)**. Jurnal Mimbar Hukum 21(1): 23-34
- Putri, Rizka Fauzi dan Alia Damayanti. 2017. **Pencucian Membran Zeolit dengan Menggunakan Natrium Hipoklorit (NaOCl) dan Larutan Lerak**. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya



- repository.ub.ac.id
- Rautenbach, R dan Albert R. 1989. **Membrane Process**. Washington: MCGraw-Hill
- Riffat, Rumana. 2013. **Fundamentals of Wastewater Treatment and Engineering**. CRC Press. USA. p. 60-63
- Rizalludin, Andri Taufick dan Sri Purwati. 2016. **Potensi Selulase dengan Pengaruh Laju Pembebanan pada Efektivitas Pengolahan Air Limbah Kertas Proses Lumpur Aktif**. Jurnal Selulosa 6(2): 83-94
- Romayanto, Muhammad Eko Wibowo, Wiryanto, dan Sajidan. 2006. **Pengolahan Limbah Domestik dengan Aerasi dan Penambahan Bakteri Pseudomonas putoda bacteria**. Bioteknologi 3(2): 42-49
- Scott, K. 1995. **Handbook of Industrial Membranes Ed. 1**. Elsevier Advanced Technology. Oxford
- Setiawan, Vera Roni. 2013. **Pengolahan Limbah Cair Laundry Menggunakan Membran Selulosa Asetat Berbasis Selulosa Pulp Kayu Sengon (Paraserianthes falcataria)**. Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan 9(3): 132-137
- Setyawan, Hery. 2012. **Kajian Fluks dan Sifat Mekanik Membran Selulosa Asetat yang Didadah Titanium Dioksida**. Skripsi. IPB. Bogor
- Simanjuntak, Entatarina, dkk. 2015. **Lesson Learned Pola Investasi Infrastruktur Bidang Pekerjaan Umum berbasis Komunitas**. Pusat Kajian Strategis. ISBN 978-602-71635-5-3
- Soeparman, H.M. dan Suparmin. 2001. **Pembuangan Tinja dan Limbah Cair: Suatu Pengantar**. Jakarta: Buku Kedokteran EGC
- Sudaryanti, Ni Luh Gede; I Wayan Kasa; dan I Wayan Budiarsa Suyasa. 2012. **Pemanfaatan Sedimen Perairan Tercemar sebagai Bahan Lumpur Aktif Limbah Cair Industri Tahu**. Echotrophic 3(1): 21-29
- Sunu, Pramudya. 2001. **Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001**. Gramedia. Jakarta. Hal 64-65
- Susiyanto, Moch. 2007. **Antisipasi PT. Pupuk Kaltim terhadap Bahaya Kebocoran System Tanki Penyimpan Amoniak**. Tesis. Universitas Diponegoro Semarang

- Syapriallah, Aditia. 2016. **Hukum Lingkungan**. deepublish publisher. Yogyakarta. Hal. 20-22
- U.S. EPA. 2001. **Methods for Collection, Storage and Manipulation of Sediments for Chemical and Toxicology Analyses: Technical Manual**. EPA 823-B-01-002. U.S, Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, DC.
- Umaly, R.C dan Ma L.A. Cubin. 1998. **Limnology: Laboratory and Field Guide, Physico-chemical Factors, Biological Factors**. Natinal Book Store, Inc. Metro Manila. p. 140-141
- Wagini, R, Karyono, dan Agus Setia Budi. 2002. **Pengolahan Limbah Cair Industri Susu**. Manusia dan Lingkungan 9(1): 23-31
- Wantasen, Adnan S. 2013. **Kondisi Kualitas Perairan dan Substrat Dasar Sebagai Faktor Pendukung Aktivitas Pertumbuhan Mangrove di Pantai Pesisir Desa Basaan I, Kabupaten Minahasa Tenggara**. Jurnal Ilmiah Platax 1(4): 204-209
- Warsa, I Wayan. 2006. **Kajian Pengaruh *Fouling* pada Pemurnian Nira Tebu**. Jurnal Teknik Kimia 1(1): 22-25
- Widyasmara, Maria dan Cindika Kusuma Dewi. 2013. **Potensi Membran Mikrofiltrasi dan Ultrafiltrasi untuk Pengolahan Limbah Cair Berminyak**. Jurnal Teknologi Kimia dan Industri 2(2): 295-307
- Wirasatriya, Anindya. 2011. **Pola Distribusi Klorofil-a dan Total Suspended Solid (TSS) di Teluk Toli Toli, Sulawesi**. Buletin Oseanografi Marina. Vol 1: 37-149
- Woodard and Curran, Inc. **Industrial Treatment Handbook**. Elsevier Inc. Burlington. p. 119-122
- Zonneveld, N, E. A. Huisman dan J.H. Boon. 1991. **Prinsip-prinsip Budidaya Ikan**. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. Hal. 20-21